

平成 26 年 2 月 17 日

第 202 回 地震予知連絡会

記者レクチャー資料

事務局：国土地理院

平成 25 年 11 月 22 日
地震予知連絡会資料
将来検討ワーキンググループ

地震予知連絡会 将来検討ワーキンググループ 報告書

1. はじめに

地震予知連絡会（以下「本連絡会」という。）は、地震予知の実用化を促進する旨の閣議了解（昭和43年5月）及び測地学審議会建議（昭和43年7月）を踏まえて、地震予知に関する調査・観測・研究結果等の情報の交換とそれらに基づく学術的な検討を行うことを目的に、昭和44年4月、国土地理院に事務局を置き発足した。その後の変遷を経て、平成20年に建議された「地震及び火山噴火予知のための観測研究計画」においては、本連絡会は「地震活動・地殻変動等に関するモニタリング結果を中心とした情報交換を行い、モニタリング手法の高度化を検討する場」として位置付けられている。これを受けて、本連絡会では、モニタリングに関わる情報交換を行い、さらに平成21年には、注目すべき地震や地震予知研究に重要な問題などを「重点検討課題」として集中的な検討を行うように審議方法を変更した。

平成23年（2011年）3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震は、日本海溝のプレート境界で発生する巨大地震に関する我々の従来のイメージと実際のそれとが大きく異なっていたことを示した。これに対し、本連絡会では、プレート境界やそこで発生する巨大地震についての我々の認識が正しいかどうか再検討するために、「プレート境界に関するわれわれのイメージは正しいか？」を重点検討課題として議論を行なってきた。一方、科学技術・学術審議会の測地学分科会では、前述の現建議のレビューや見直しも行われ、次期建議の検討も実施されてきた。これらの状況を踏まえ、本連絡会自らも、組織の名称を含め、今後の活動に関するさらなる検討を行うために、平成24年11月21日に開催された第197回地震予知連絡会において、「地震予知連絡会 将来検討ワーキンググループ」（以下「本ワーキンググループ」という。）の設置が決定された。

2. ワーキンググループ委員

松澤暢主査他7名で構成する。

3. 本ワーキンググループの検討事項

本ワーキンググループは以下の3項目を検討した。

- 1) 地震予知連絡会の役割の再確認と今後の方向性
- 2) 「予知」と「予測」の捉え方
- 3) 組織名称の変更の必要性

4. 検討経緯

第1回会合（平成24年12月12日）では、地震予知連絡会の役割の再確認と今後の方向性について議論した。まず、本連絡会発足の経緯及び位置付けの変遷について、事務局資料をもとに確認を行った。現在の本連絡会の役割は、地殻活動のモニタリング結果を中心とした情報交換とモニタリング手法の高度化を行うことであり、知見の普及にも力を入れている。学会との違いや地震調査研究推進本部及び地震・火山噴火予知研究協議会との関係・協力について議論された。一方、単なる情報交換に留まっている面があるのではないかという反省と、現在の地震予測能力について等身大の実力を伝える必要があるとの問題意識のもと、「予測実験を試行し検証・評価する」という提案がなされ、何が実施可能であるかが議論された。

第1回会合の後、本ワーキンググループ専用のメーリングリストを開設し、モニタリングのあり方及び地震調査研究推進本部（以下「地震本部」という。）と本連絡会との役割分担について議論を行った。

第2回会合（平成25年2月26日）では、予測実験を試行してモニタリングとして何が重要なのかを検討していくこと、及び重点検討課題の議論によりその方向性を示していくことが確認され、主に、予測実験の試行について具体的に議論された。

第3回会合（平成25年4月30日）では、主として「予知」と「予測」の捉え方について議論がなされた。辞典等の調査に基づく言語学的位置付けと使用状況が紹介され、公益社団法人日本地震学会（以下「地震学会」という。）や地震本部における定義や用法の違いなどについて議論された。また、一般的・社会的に何が期待されているかが議論された。結論として、予知連という名前を変えるべきだという意見はなかったが、今後の建議の検討結果と整合させる必要があるということで一致した。

その後のメーリングリストにおいては、建議に基づく次の5か年の計画（以下「次期計画」という。）に関する測地学分科会からのアンケートへの対応が主として議論された。次の5年間で本連絡会の役割の一つとして、予知・予測に関する研究の現況を社会に伝えることも次期計画において記述すべきということで意見が一致し、その旨回答した。

第199回地震予知連絡会（平成25年5月30日）において、それまでの本ワーキンググループにおける検討結果をまとめた中間報告が提出され了承された。

その後のメーリングリストにおいては、組織名称を変更した場合と継続した場合のそれぞれについてのメリットとデメリットについて議論された。

第4回会合（平成25年8月6日）では、主として組織名称の変更の必要性について議論された。次期計画のタイトルは仮称として「災害軽減に貢献するための地震火山観測研究計画」となっており、タイトルに「予知」も「予測」も出てこないが、本文には、予知・予測研究を進めるという基本精神は明記されていることが報告された。議論の結果、本連絡会の名称を変更する場合にも維持する場合にも、その役割や実施内容と名称が整合することと社会に対して説明できることが必要であり、また、次期計画のタイトルが仮称のう

ちは名称を確定することは時期尚早であると意見が一致した。

第5回会合（平成25年10月30日）では、本連絡会の名称変更と運営要綱について議論された。次期計画に対するパブリックコメントにおいてタイトルに対する強い反対意見がなかったため、「予知」も「予測」も次期計画のタイトルには入らないことがほぼ確定したことが報告された。次期計画では、理学、工学、人文・社会科学などの研究分野が協力して、地震や火山噴火が引き起こす災害の姿を「予め（前もって）知る」ことで災害軽減につなげることの重要性が指摘されている。これを踏まえて本連絡会の名称と所掌範囲、及び運営要綱について議論が行われた。その結果、本連絡会の任務は、今後も地震発生の予知・予測のための情報交換とモニタリングの高度化、及び地震の予知・予測の現状を正しく社会に伝えることにあり、そうであれば名称を変更する必要はないと意見が一致した。加えて、モニタリングの高度化の議論を進める上では、次期計画で重視している災害誘因（地震動や津波等）を視野に入れることも重要であり、災害誘因や災害素因（自然環境や社会の脆弱性）に関する専門家から話を聞く機会を設けることの重要性も確認された。また、以上の議論をもとに最終報告書案を主査がまとめ、メーリングリストでの議論を経て、平成25年11月22日に開催される第201回地震予知連絡会で報告することが確認された。

その後のメーリングリストでは、上記の方針を踏まえた本連絡会の要綱案と本ワーキンググループの最終報告書案についての議論が行われた。なお、メーリングリストでの議論中の平成25年11月8日に、次期計画である「災害軽減に貢献するための地震火山観測研究計画」が建議された。

5. 検討結果

5.1 地震予知連絡会の役割の再確認と今後の方向性

本連絡会の重要な役割は、地震発生の予知・予測を目指したモニタリング結果を中心とした情報交換とモニタリング手法の高度化である。また、地震発生の予知・予測に関する研究の現状を社会に伝えることも、本連絡会の役割の一つであることが次期計画に明示されている。

モニタリング結果を中心とした情報交換は、地震本部の地震調査委員会や地震学会でも行われているが、モニタリングに関わる多くの機関の専門家及び関連する分野の専門家が定期的に一堂に会して、公開で地震の予知・予測を目指して議論する場合は、本連絡会以外には無く、今後も継続すべきである。また、モニタリング手法の高度化の議論を進める上では、次期計画で重要視されている災害誘因も視野に入れ、適宜この分野の専門家から情報提供を受けることも検討すべきである。

一方、モニタリングとして何が重要かを検討し、また、今の予測能力の実力を把握・提示するために、今後、予測実験の試行を行うことが有効であると考えられる。具体的な実験のやり方については、例えばある時点から半年間の地殻活動を予測するがそれは公表せず、半年後の地殻活動の状況と照らし合わせて評価する、といったことが考えられる。ど

のような手法や運営がありうるのかについては、しばらくは重点検討課題の一つとして検討を進めることが適切である。この予測実験の試行においては、予測結果の正当な検証・評価が重要となるため、これらの検証・評価手法の検討も進めることが必要である。

このような予測実験の試行を行うことにより、現在の予知・予測の実力が明らかになり、モニタリングの高度化やモニタリング項目の見直しにおいて重要な役割を果たすと期待される。さらに、社会に対してその結果を示すことにより、現状の科学で何ができて何ができないのか、等身大の実力を明らかにすることができると期待される。

5.2 「予知」と「予測」の捉え方

辞典を含む各種の文献・Web の調査によれば、「予知」は感覚的なものから感覚的でないものまで広く用いられているのに対して、「予測」は感覚的なものは含まれず科学的・統計的根拠に基づく定量的なものに対して用いられることが多い。また、「予知」の用例は限られており、「地震予知」を中心に、危険や災害に関することに使われることが多い。

「予知」は、現状の単純な外挿では推し量ることが困難な現象の発生を YES か NO で言い当てる場合に使われることが多く、このために「決定論的」というニュアンスと「定性的で信頼度が低い」という二つのニュアンスが生まれたと思われる。一方、「予測」は、誤差があることを前提にした科学的・統計的推定に用いられることが多い。このために「予測」には、「統計論的」というニュアンスと「定量的で信頼度が高い」というニュアンスがある。

地震学会の「行動計画 2012」の定義では、「予知」を短期の確度の高いもの、「予測」は短期～長期にわたる確率的なものとし、現状では「予測」はある程度可能かもしれないが「予知」は極めて困難であるとしている。

一方、一般市民では、人によって「予知」と「予測」の捉え方は異なり、両者を明確に区別している人は少ないと思われる。一般市民にとっては、両者を区別することに意味はなく、自分の行動の指針となるような情報（減災に役立つ情報）が得られることを望んでいることを忘れてはならない。

5.3 組織名称の変更の必要性

本連絡会は、もともと測地学審議会の建議を踏まえて設置された組織であり、建議の方針に応じて、これまでもその役割について自己点検し、様々な改革を行ってきたが、「地震予知連絡会」という名称は一貫して使用してきた。しかし、2011年東北地方太平洋沖地震の後、前述の地震学会の「行動計画2012」における「予知」と「予測」の再定義等、「予知」という用語を、短期の確度の高いものに限るべきであるとの意見が学界で表明されることが多くなってきた。また、今回建議された次期計画のタイトルにおいては「予知」はおろか「予測」という用語も使われていない。これらを踏まえ、組織の名称についても変更すべきかどうかについて、様々な角度から検討を行った。

今回の建議においては、災害軽減への貢献を目的とすることが明示されており、これま

での理学に重点をおいたものからは方針を転換した。本連絡会は、最初の建議を踏まえて設立されたものであるという歴史を考えれば、その名称についても、建議の目的に沿った名称にするのが本来は適切であると考えられる。

しかし、本連絡会の名称を、例えば「地震発生予測連絡会」としたり、あるいは「予測」すら使わず「地殻活動モニタリング連絡会」とした場合、地震発生の予知・予測を目指したモニタリング結果を中心とした情報交換を行うという、次期計画で期待されている本連絡会の役割には近くなるが、「災害の軽減に貢献する」という次期計画の目的からは、むしろ遠ざかってしまう印象を与える。一方、次期計画全体の目的を前面に出した「地震災害軽減連絡会」といった名称は、次期計画に示された本連絡会の役割を大きく超えており、これも適切とは考えられない。

また、一般市民は、自分の行動の指針となるような情報（減災に役立つ情報）が得られるような研究を予知研究と捉えており、ここで「予知」という名称をはずしてしまうと、減災に役立つ情報を提供しようとする努力を放棄したという誤ったメッセージとなりかねない。

「地震予知」という用語を使い続けることに対する主たる批判は、「避難行動に結び付くほどの確度の高い情報が得られる可能性が高いという幻想を与えてしまっている」ということにある。しかし、「予知」と「予測」の前述のニュアンスの違いを考えると、「予測」という用語を使った場合には、逆に、前より信頼度の高い推定が可能になったとの誤解を与える可能性もある。

以上を総合的に判断すれば、組織の名称を変更するよりも、5.1節で提案したような予測実験の試行を行い、災害誘因や災害素因に関する専門家の意見も考慮して、地震の予知・予測の現状と能力を正しく社会に発信していくことを本連絡会の任務の一つとするほうが、正しい方向性であると考えられる。「予知」と「予測」の名称の問題にこだわって名称の変更に多大なエネルギーを費やすよりは、中身の変更にエネルギーを使うべきであり、それこそが社会の期待に正しく応える道であろう。

6. 今後の課題

今回建議された計画では、地震発生の予知・予測にとどまらず、災害軽減に貢献することが求められている。このため、本連絡会としても、地震発生の予知・予測がどのように災害軽減へ貢献できるのか、その道筋を把握できるような活動を行う必要がある。このために、本ワーキンググループでは、予測実験の試行と、災害誘因も視野に入れたモニタリングの高度化の議論を提案したが、5年後の建議では、さらに踏み込んだ対応が求められると予想されるため、それを見据えて、今後も改革を進める必要がある。

また、地震予知連絡会運営要綱の中で、本連絡会の役割が示されている前書きについては、以上の検討結果や次期計画の趣旨に沿うように改正すべきであろう。

地震予知連絡会運営要綱

昭和 44 年 4 月 24 日制定

昭和 51 年 8 月 23 日改正

平成 13 年 1 月 6 日改正

平成 16 年 8 月 23 日改正

平成 25 年 2 月 18 日改正

平成 26 年 2 月 17 日改正

地震の予知・予測により震災軽減に貢献することを目的とし、地震に関する観測・研究を実施している関係機関等が提供する情報を交換するとともに、将来発生する地震の予知・予測に関する学術的検討を行うため、地震予知連絡会(以下「予知連」という。)の運営要綱を下記のとおり定める。

記

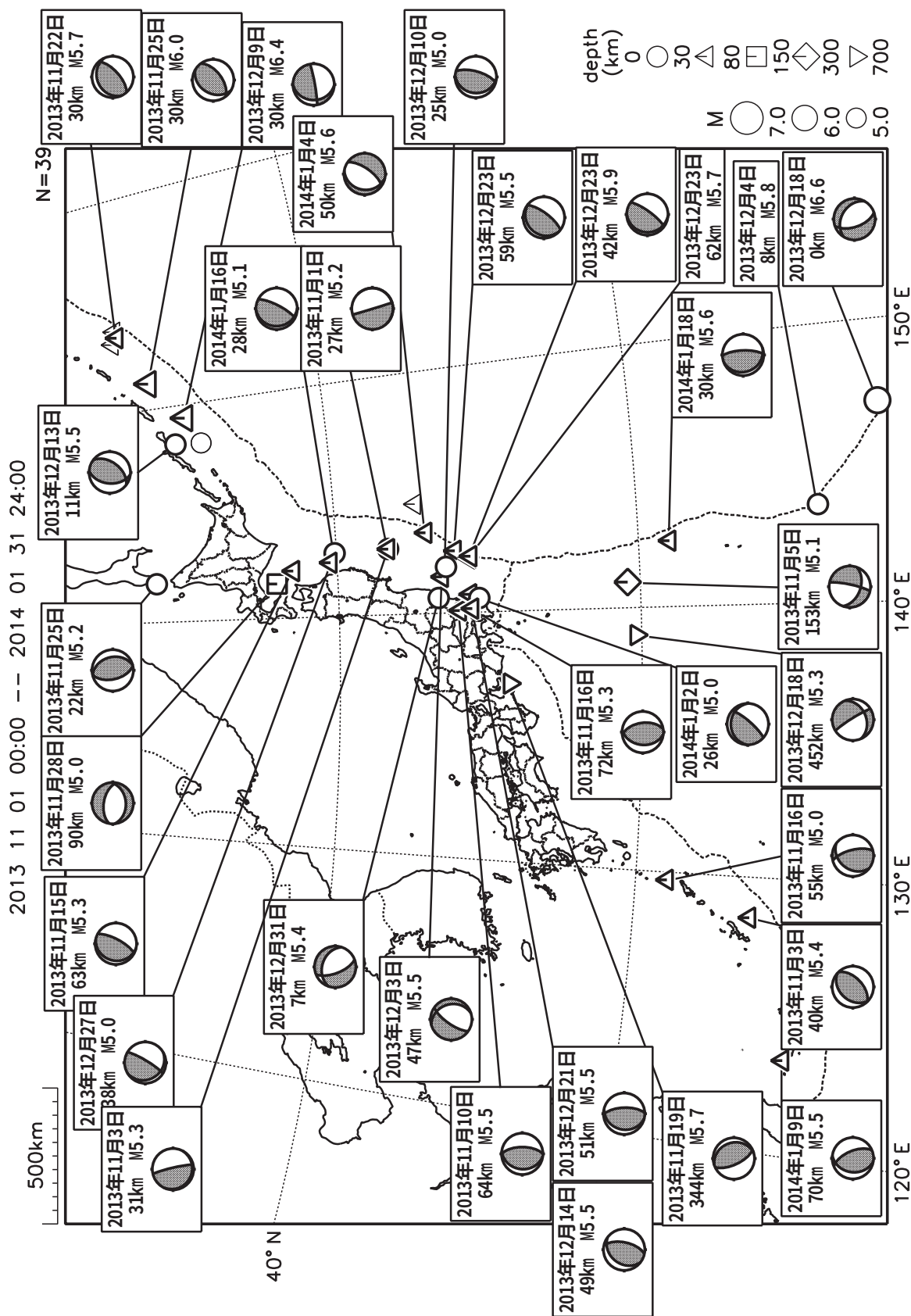
1. 予知連は、委員 30 人以内で組織するものとし、必要に応じて臨時委員を置くことができる。
2. 委員および臨時委員は、学識経験者および関係機関の職員のうちから国土地理院長がそれぞれ委嘱する。
3. 委員の任期は、2 年とし、その欠員が生じた場合の補欠委員の任期は、前任者の残任期間とする。
4. 予知連に会長を置き、委員の互選によってこれを定める。会長は、会務を総理する。
会長の選出は、新しい期の最初の予知連において行う。
会長の任期は、あらたに会長が定まるまでとする。
5. 予知連に副会長を置く。
副会長は、委員の中から会長が指名する。
6. 会長に事故あるときは、あらかじめ会長が指名する副会長がその職務を代理するものとし、早期に会長の選出を行う。
7. 特別の事項を調査検討する必要があるときは、予知連に部会を置くことができる。
部会は、委員及び臨時委員で構成する。
部会には、部会長を置き、部会長は、会長が指名する。
8. 予知連は、必要に応じ、会長が招集する。
部会は、部会長が招集する。
9. 会長は、予知連に専門家を招聘し、意見を聴取することができる。
部会長は、部会に専門家を招聘し、意見を聴取することができる。
10. 予知連の運営に関し、必要な事項は、予知連の議を経て会長が定める。
11. 予知連の庶務は、国土地理院において処理する。

地震予知連絡会運営要綱の新旧対照表

新	旧
地震の予知・予測により震災軽減に貢献することを目的とし、地震に関する観測・研究を実施している関係機関等が提供する情報を交換するとともに、将来発生する地震の予知・予測に関する学術的検討を行うため、地震予知連絡会(以下「予知連」という。)の運営要綱を下記のとおり定める。	地震予知の実用化を促進することを目的として、地震予知に関する業務を実施している関係機関等が提供する情報を交換し、また、これらの情報に基づいて地震予知に関する学術的検討を行うため、地震予知連絡会(以下「連絡会」という。)の運営要綱を下記のとおり定める。

地殻活動モニタリングに 関する検討

日本とその周辺の地震活動 (2013年11月～2014年1月、 $M \geq 5.0$)

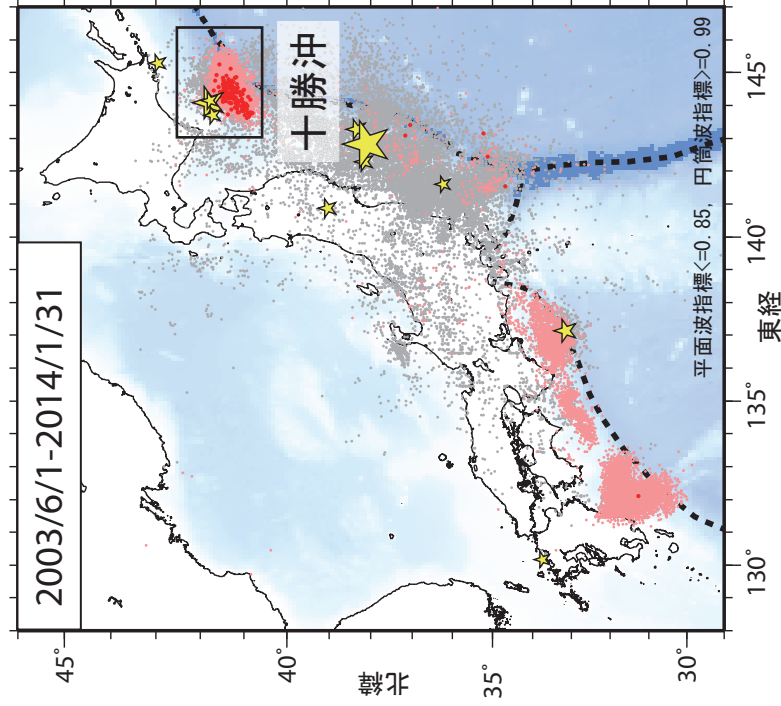


気象庁作成

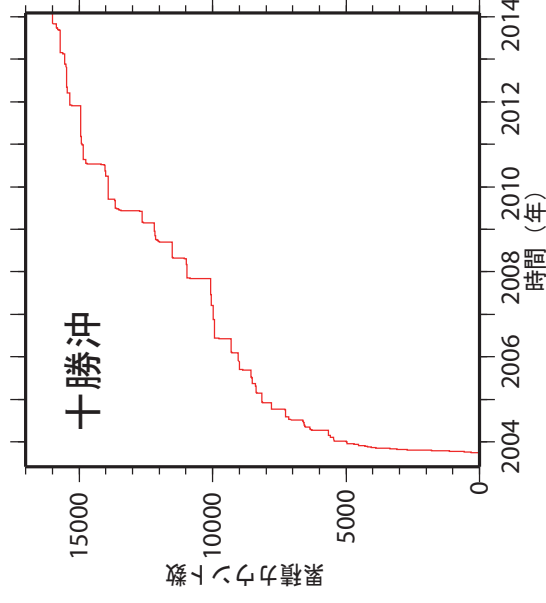
発震機構は気象庁によるCMT解

日本周辺における浅部超低周波地震活動（2013年11月～2014年1月）

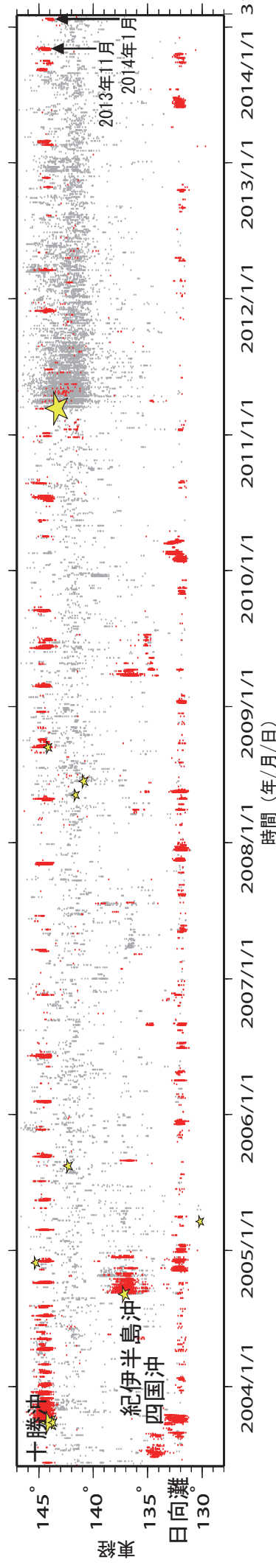
● 11月上旬および1月中旬から下旬に十勝沖周辺で超低周波地震活動



第1図. 2003年6月1日から2014年1月31日までの期間にアレイ解析によって検出されたイベントの震央分布. 検出イベントを防災科研 Hi-net の手動, または自動検測震源と照合し, 対応する地震が見出されたイベントを灰色で, それ以外を桃色 (2013年10月31日以前), および赤色 (11月1日以降) の点でそれぞれ示す. これらは主として周期10秒以上に卓越する超低周波地震を表すが, 東北地方太平洋沖地震の発生以降は, 除去しきれない通常の地震を多数含む. 期間内に発生した $M7$ 以上の地震の震央を黄色星印で併せて示す (ただし, 2011年3月11日以降は東北地方太平洋沖地震の本震のみ).



第2図. 十勝沖および日向灘周辺における検出イベントの累積カウント数の時間変化. 幅60秒間の解析時間窓を15秒毎に設定し, それぞれの解析時間窓内にイベントが検出される度に1カウントと数えるよう定義した.



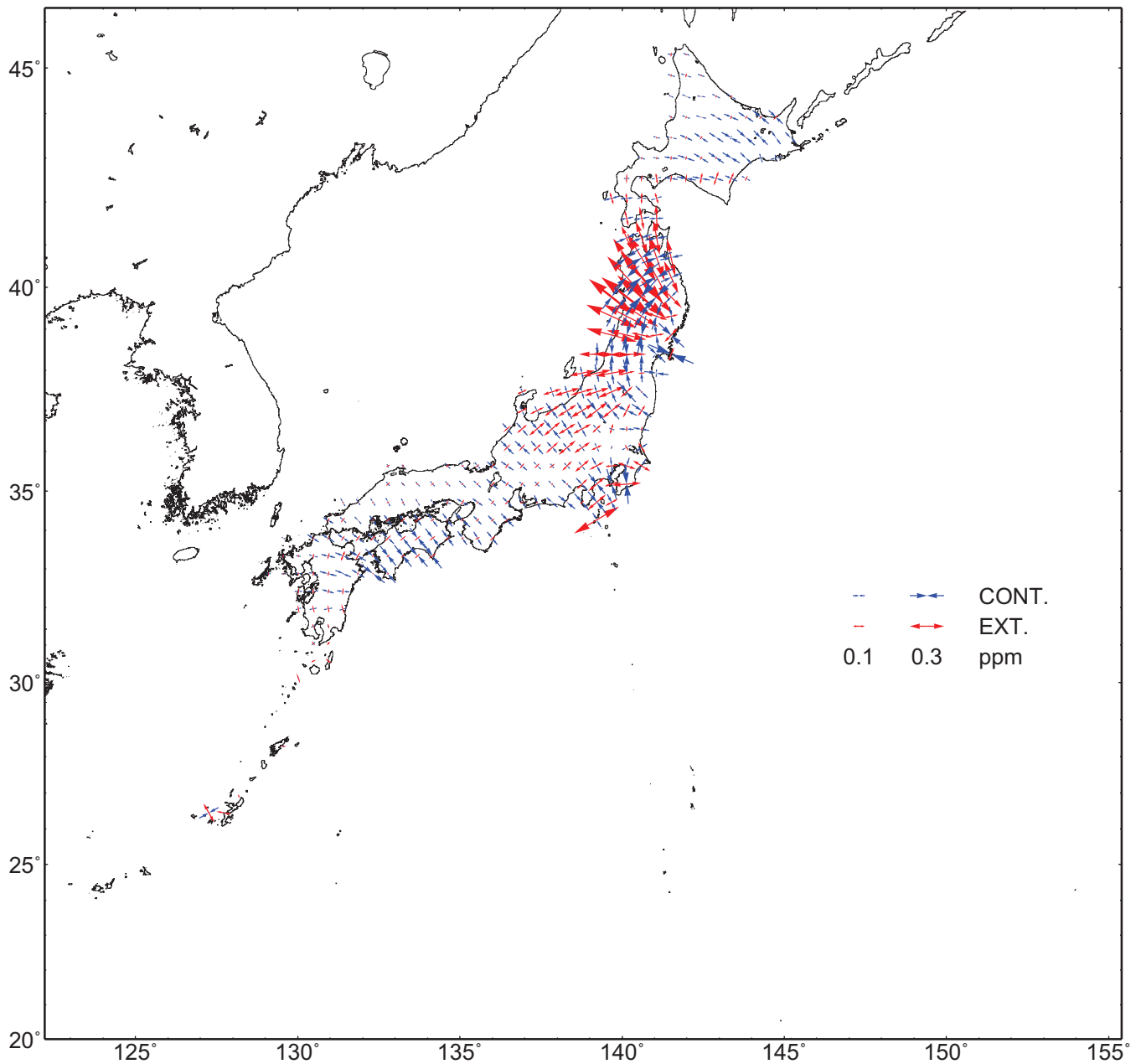
第3図. 2003年6月1日から2014年1月31日までの期間に検出されたイベントの時空間分布. 検出されたイベントを防災科研 Hi-net 手動, または自動検測震源と照合し, 対応する地震が見出されたイベントを灰色で, それ以外を赤色の点でそれぞれ示す. その他は第1図に同じ.

GNSS 連続観測から推定した日本列島のひずみ変化

2011 年 3 月 11 日に発生した東北地方太平洋沖地震の余効変動の影響によるひずみが見られる。

基準期間：2013 年 01 月 04 日 – 2013 年 01 月 18 日 [F3：最終解]

比較期間：2014 年 01 月 04 日 – 2014 年 01 月 18 日 [F3：最終解]



- ・ GNSS 座標値データに基づいて 1 年間のひずみ変化図を作成した。
- ・ 座標値の 15 日分の平均値から 1 年間の変位ベクトルを算出し、それに基づいてひずみを計算している。

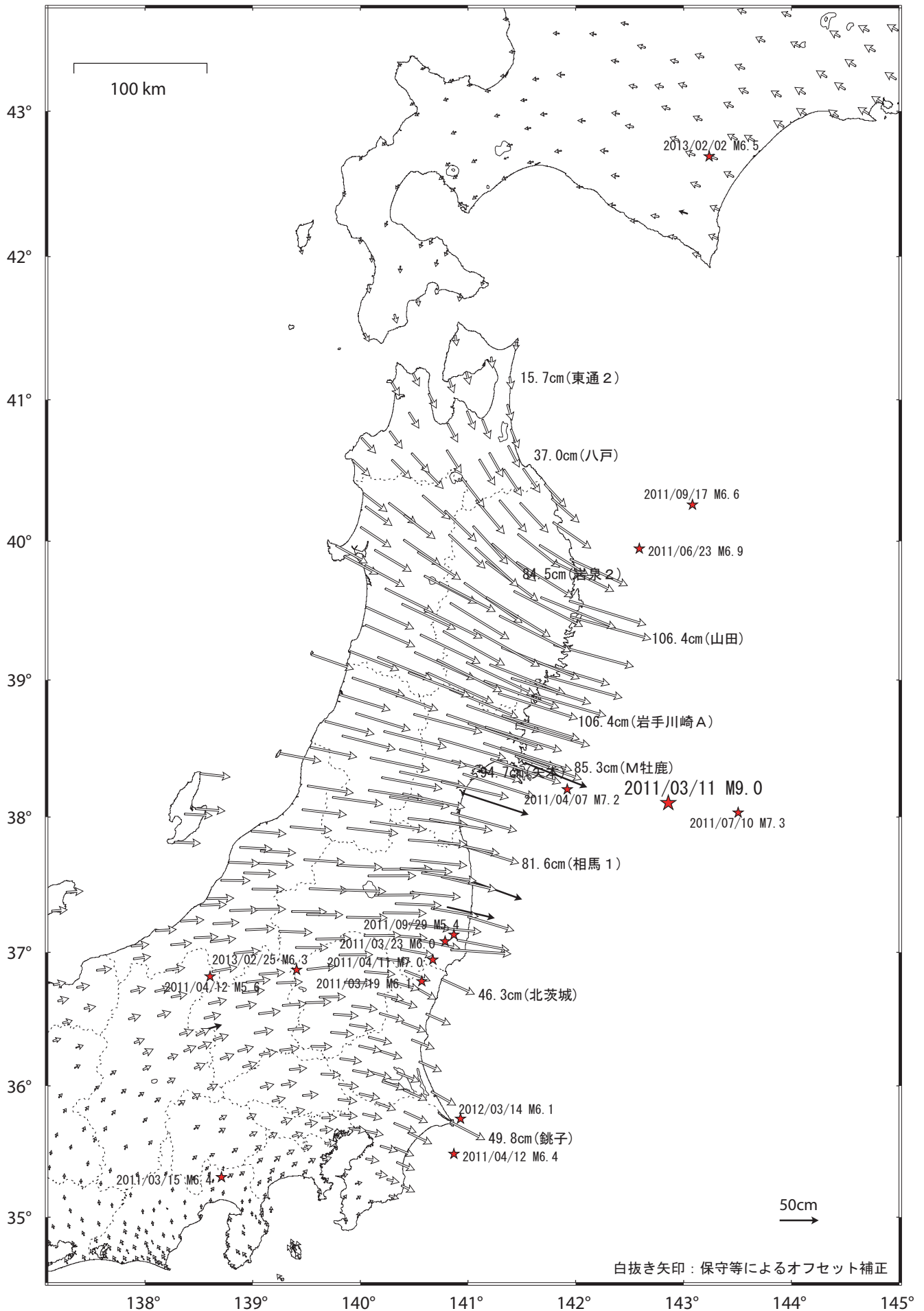
国土地理院資料

東北地方太平洋沖地震（M9.0）後の地殻変動（水平）一累積一

東北地方から関東甲信越にかけて東向きの変動が見られる。

基準期間：2011/03/12 -- 2011/03/12 [F 3：最終解]

比較期間：2014/01/12 -- 2014/01/18 [F 3：最終解]



☆ 固定局：福江（長崎県）

国土地理院資料

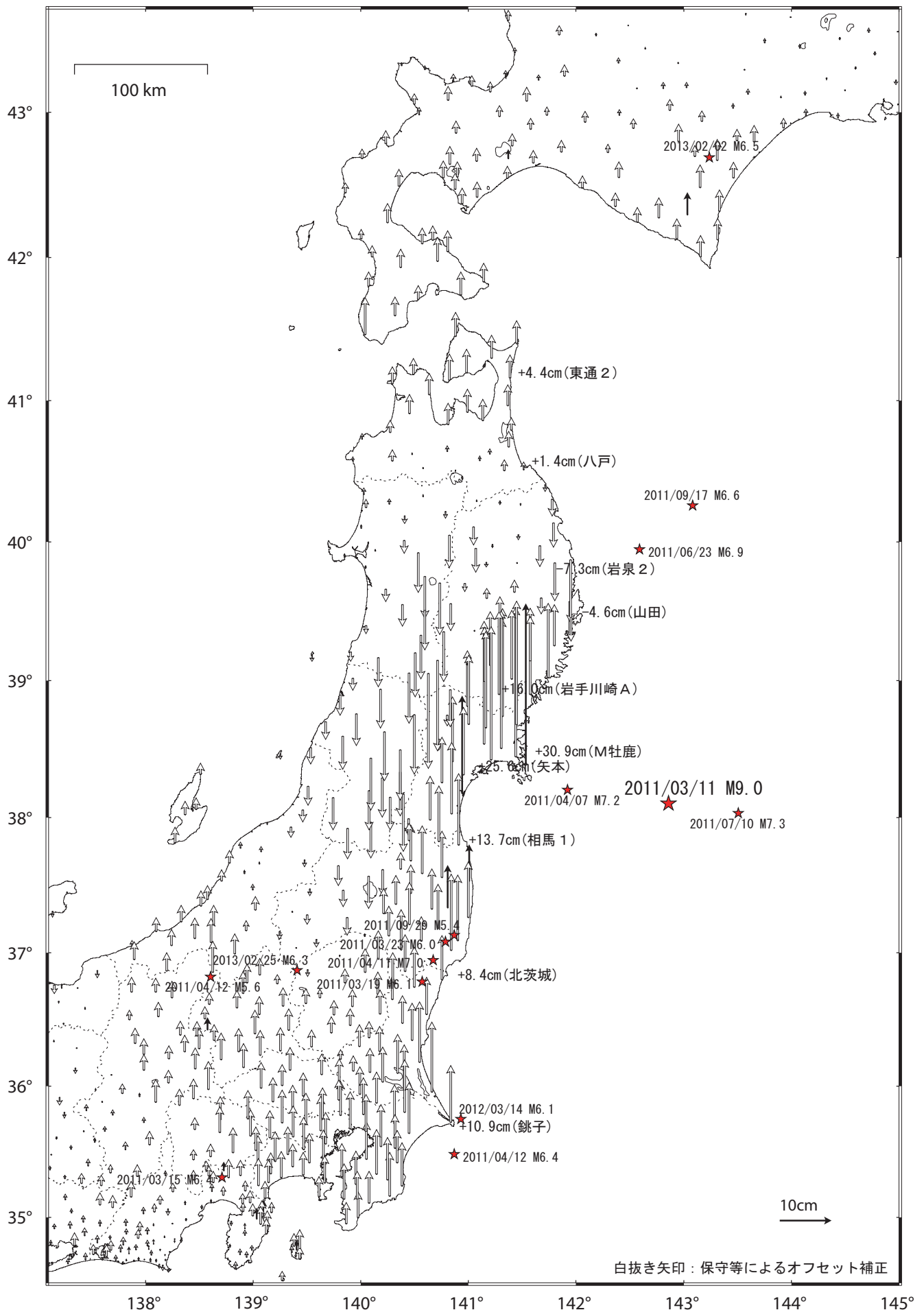
東北地方太平洋沖地震（M9.0）後の地殻変動（上下）―累積―

宮城県から千葉県にかけての太平洋沿岸に隆起が、岩手県沿岸と奥羽脊梁山脈付近に沈降が見られる。

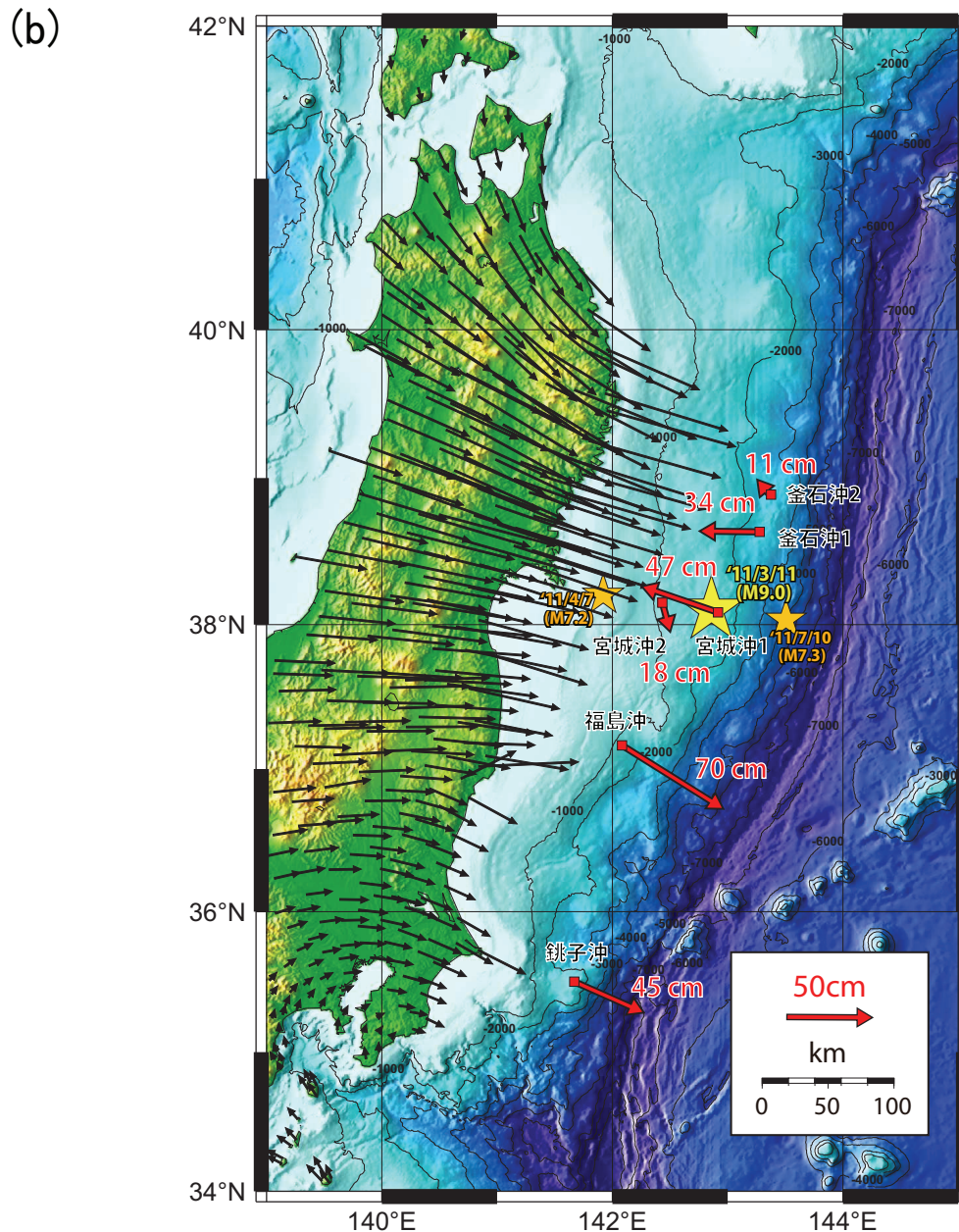
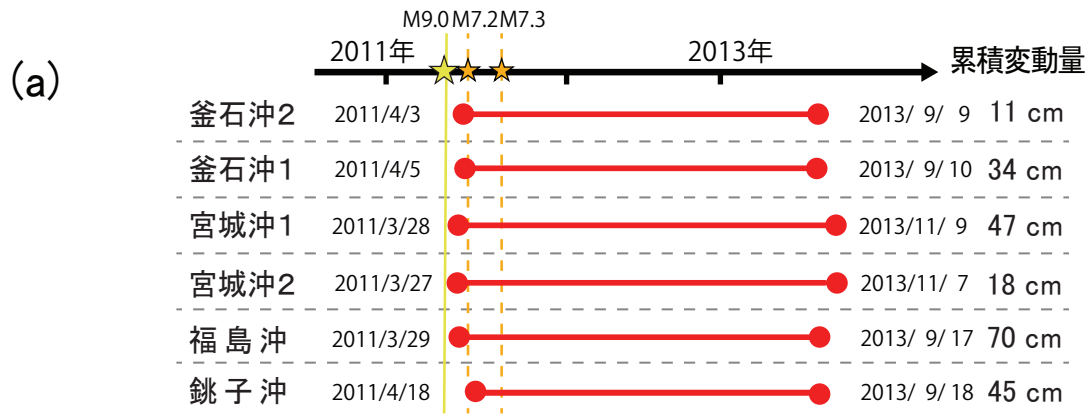
関東甲信越地方及び青森県から北海道の襟裳岬付近にかけた地域に隆起が見られる。

基準期間：2011/03/12 ― 2011/03/12 [F 3：最終解]

比較期間：2014/01/12 ― 2014/01/18 [F 3：最終解]



☆ 固定局：福江（長崎県）



第2図 東北地方太平洋沖地震後の地殻変動（累積）【電子基準点「福江」固定】
 (a) 観測期間と累積変動量, (b) 累積変動ベクトル

※赤の矢印は、海上保安庁の海底基準点における地震後の累積変動ベクトル、
 黒の矢印は、国土地理院の電子基準点における地震後の累積変動ベクトルを示す。
 ※図中の星は観測点近傍で起きた主な地震（黄色は本震、橙色は余震）を示す。
 ※累積変動量及び変動ベクトルには、余震による地殻変動が含まれている。

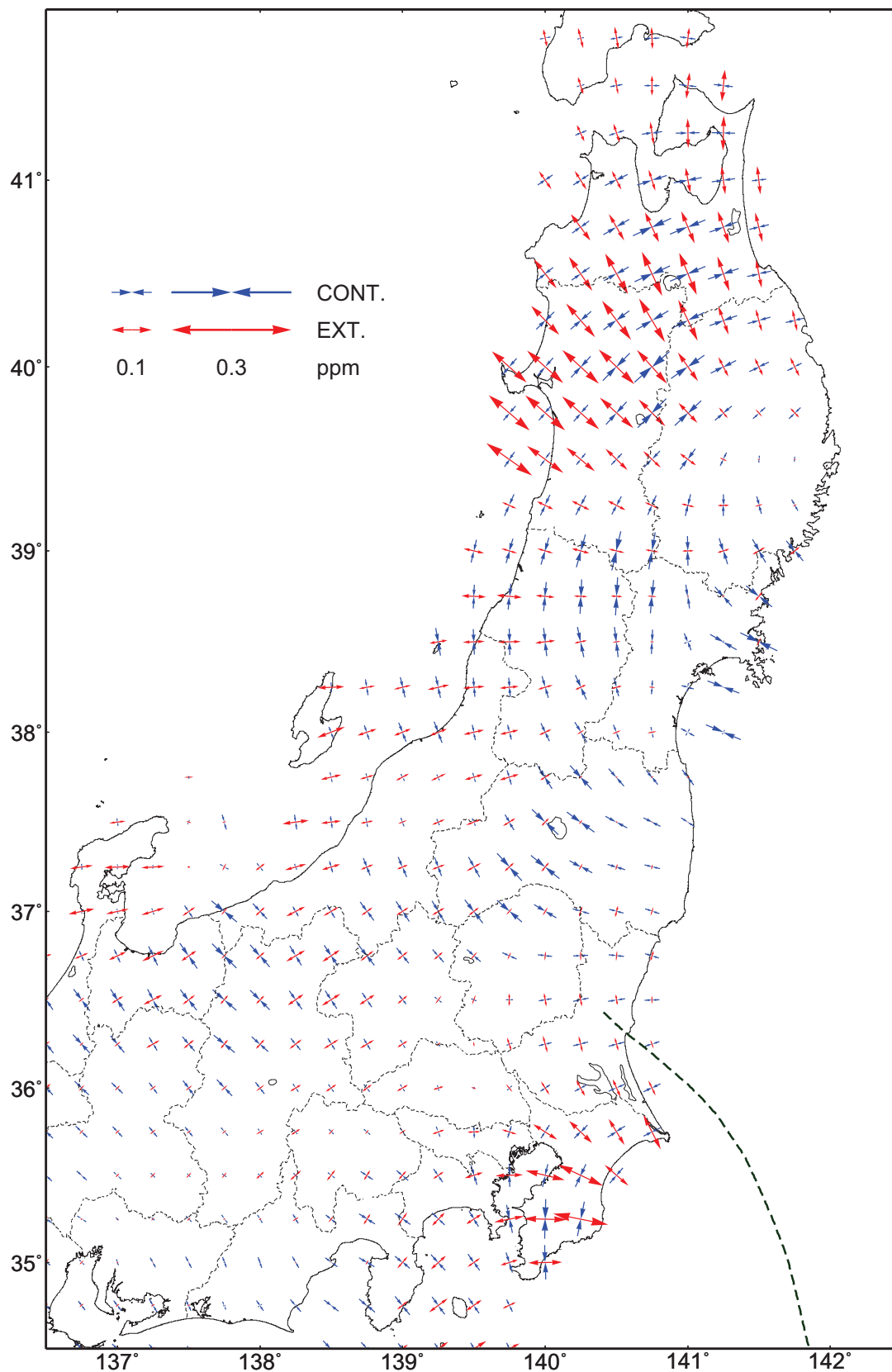
GNSS 連続観測データから推定した地震後のひずみ変化（東日本） 3 ヶ月

東北地方太平洋沖地震後の余効変動の影響が見られる。

房総半島周辺では 2014 年 1 月上旬頃に発生したプレート間の SSE に伴う地殻変動の影響が見られる。

基準期間：2013 年 10 月 04 日－2013 年 10 月 18 日 [F 3：最終解]

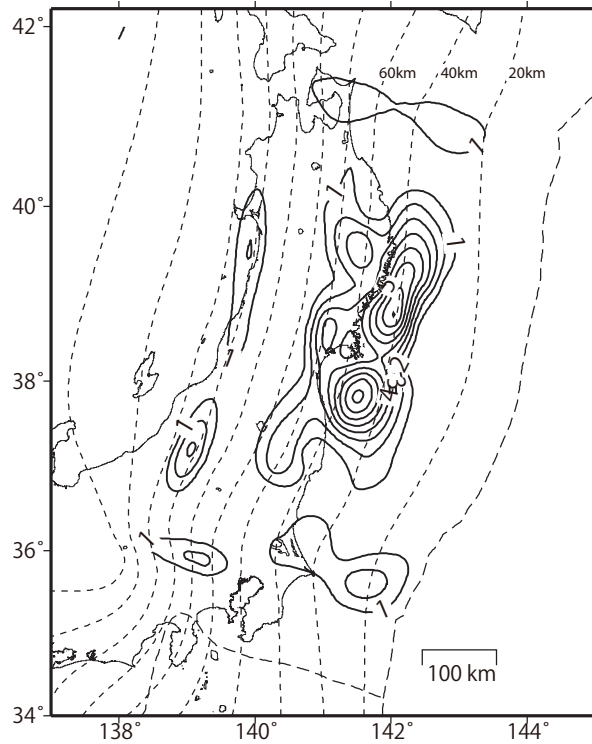
比較期間：2014 年 01 月 04 日－2014 年 01 月 18 日 [F 3：最終解]



・ 太破線はフィリピン海スラブの北東端 (Uchida et al., 2010, JGR).

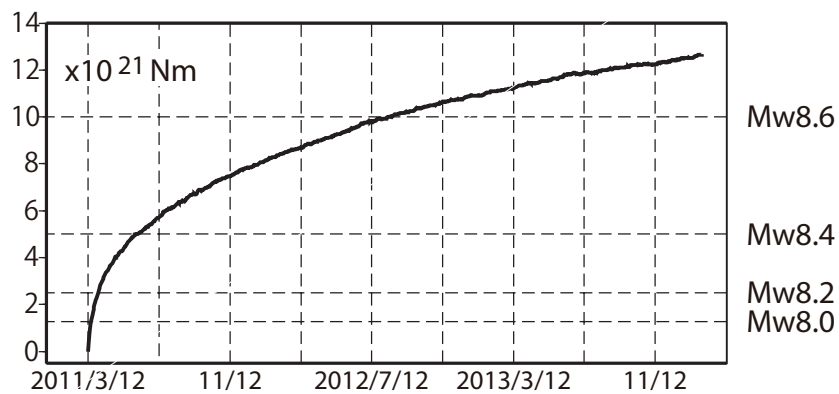
平成 23 年（2011 年）東北地方太平洋沖地震後の プレート境界面上の滑りの時間変化（3）（暫定）

累積 2011/3/12-2014/2/1 [F3:最終解(R3:速報解も含む)] contour int. 1.0m



時間と共にモーメントの解放速度が小さくなっている

データ期間 20110312-20140201 [F3: 最終解 (R3:速報解も含む)]



地震直後の約 30 時間のモーメントの増加量は含まれていない（剛性率：40GPa）

2014年房総スロースリップイベントに伴う地震活動・地殻変動

2014年房総スロースリップイベントに伴う地震活動と地殻変動データの解析をおこなった。

【地震活動】

気象庁一元化処理震源リスト内の地震をテンプレート地震として用いて、2013年12月25日から2014年1月10日の連続波形記録に対して、波形相互相関処理を施すことで、テンプレート地震と相似なイベントを検出した。解析には房総スロースリップ域近傍の定常地震観測点12点の3成分地震波形データ（帯域4-12Hz）を使用した。その結果、テンプレート地震64個を用いて、合計202個の地震から成る新たな地震カタログを構築した（図1）。

地震活動は12月31日から始まり、その後徐々に活発化し、1月2日から5日にかけて急激な増加を示した（図2a-c）。活動様式は群発的な地震活動に分類される。地震活動度が増加している期間は、震源域に近接したGPS観測点（TORM）に南東方向への変位変化が見られる期間とも一致する（図2d）。さらに、地震活動度が活発な期間には、地震活動の東北東-西南西方向への顕著な移動が見られた（図1・図2a）。移動速度は約3km/日であり、西南日本で観測されている短期的スロースリップの典型的な移動速度とも概ね一致する。

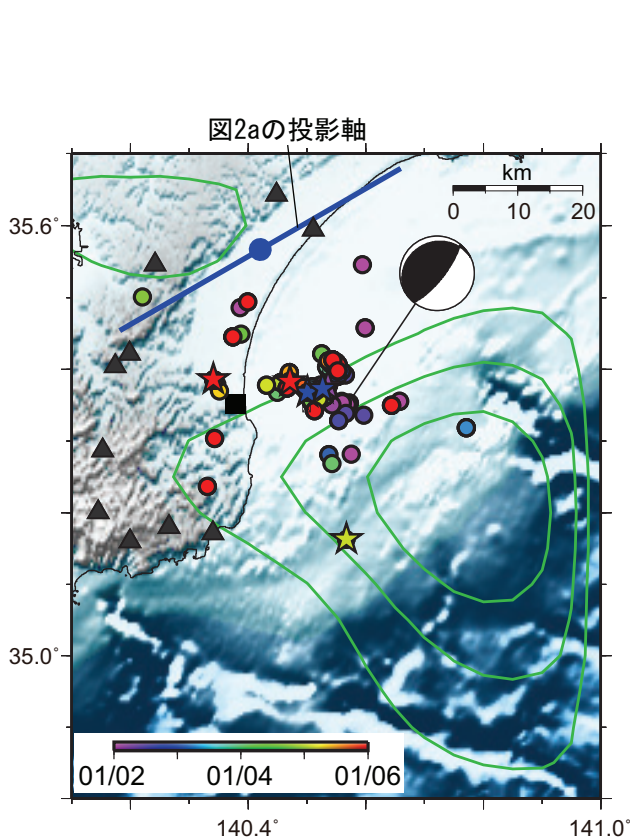


図1. 地震活動（丸印）と解析に使用した地震観測点（三角印）の分布を示す。震源の色は、時間の経過を表す。☆印は、小繰り返し地震の震央を示す。沖合から海岸線へ向かう地震活動の移動が見られる。最大マグニチュードの地震M5.0の発震機構解を示す（防災科学技術研究所）。緑色のコンター線は、GPSデータを用いて推定したすべり量分布（コンター間隔:3 cm）を表す。すべり域の北端付近に地震活動が起きていることがわかる。■印は、GPS観測点TORMの位置を示す。

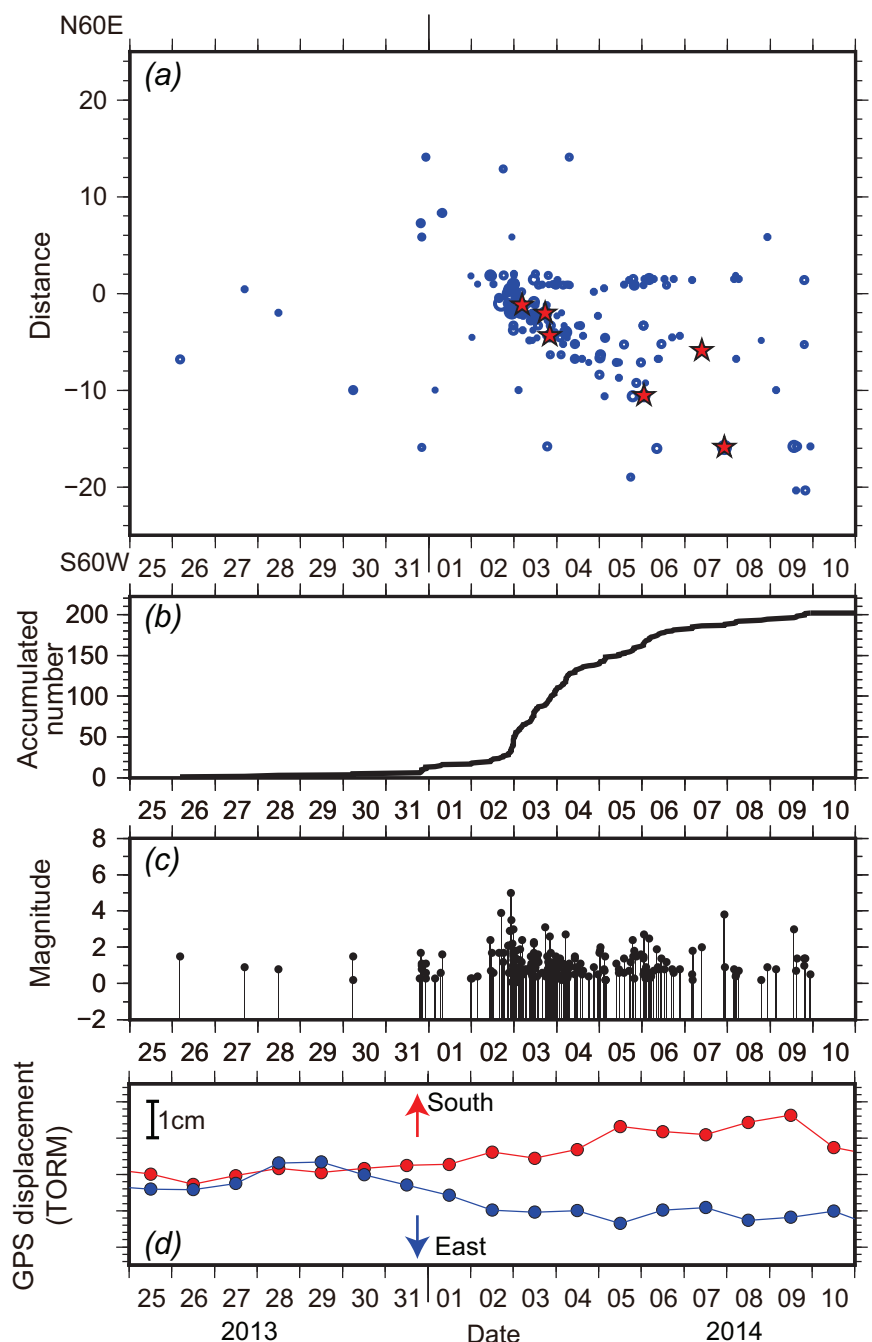


図2. (a)地震活動の時空間発展図。縦軸は、東北東-西南西方向の距離を示す。赤い☆印は、小繰り返し地震の震源を表す。(b)地震総数の時間変化、(c)MT図、(d)GPS観測点TORM（図1）の変位の時間変化。

【地殻変動】

国土地理院 GEONET の観測点 71 点, 東大地震研・東北大の観測点 6 点 (図 3) における GPS 時系列データ (図 4) を用いて, 2013 年 11 月 1 日から 2014 年 2 月 1 日の期間に対して, フィリピン海プレート上面におけるすべり・すべり速度の時空間発展をインバージョン解析により推定した。すべりは, 地震活動が起きた領域より東側で地震活動より前にゆっくりと始まり, 12 月末から急激に加速して西に伝播した。加速は 1 月 3 日頃まで続きその後急激に減速した (図 5)。速いすべりが起きた期間は, 地震活動が活発化した期間にほぼ一致する。また, すべりの東から西への伝播は, 震源の移動と調和的である (図 5)。2 月 1 日までの積算モーメントは 7.87×10^{18} Nm, Mw は 6.56 となっている。

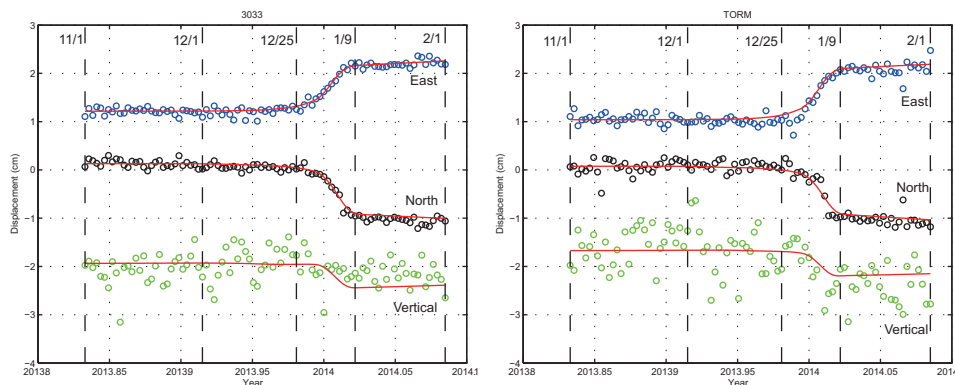


図 4. GEONET の観測点 3033 と東大地震研・東北大の観測点 TORM (図 3) における GPS 時系列。青, 黒, 緑丸はそれぞれ, 東西, 南北, 上下成分を示す。赤線は推定されたすべりからの計算値を示す。時系列に含まれる共通誤差は除去されている。

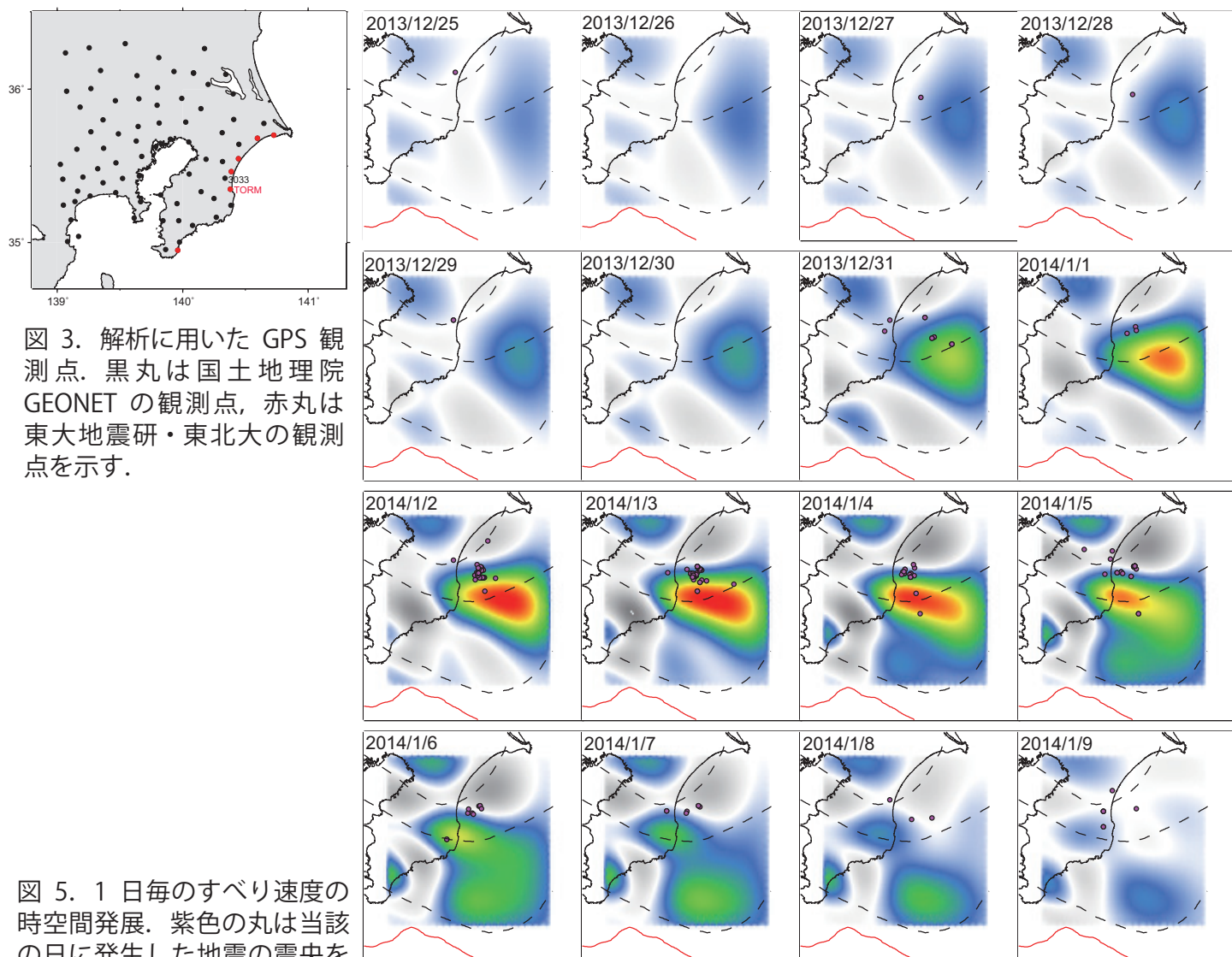
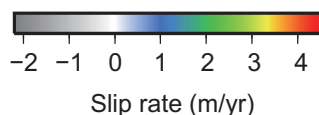


図 3. 解析に用いた GPS 観測点。黒丸は国土地理院 GEONET の観測点, 赤丸は東大地震研・東北大の観測点を示す。

図 5. 1 日毎のすべり速度の時空間発展。紫色の丸は当該の日に発生した地震の震央を示す。



2014年1月房総半島沖スロースリップイベント

- ・ 2013 年 12 月 31 日より房総半島沖で地震が群発的に発生し、これと同期して傾斜変動が観測された。勝浦東 (KT2H) 観測点で約 $0.4 \mu\text{rad}$ の北西下がりの傾斜変動
- ・ 群発地震は、過去の房総スロースリップイベントに伴う地震発生域の北端周辺で発生
- ・ 群発地震発生域の特徴は2007年8月の房総半島沖スロースリップイベントに類似し、傾斜変動はこの時の約1/2
- ・ 傾斜変動から推定されたすべり域の位置は2007, 2011年とほぼ同じだが規模は小さい ($M_w=6.1$)

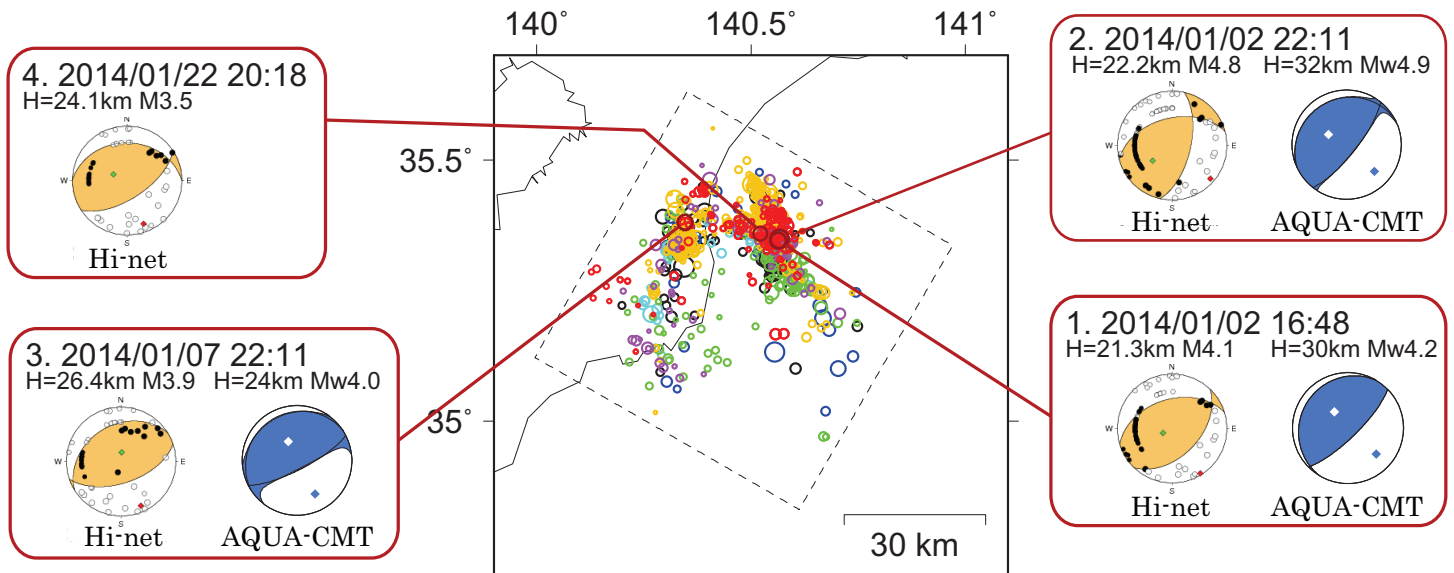


図1 房総半島沖の房総スロースリップイベントに伴う震央分布。2002 年 9 月 1 日以降は防災科研 Hi-net, それ以前は防災科研 関東東海観測網による。赤丸は2013 年 12 月 31 日以降の地震を示す (自動処理結果を含む)。主な地震の防災科研 Hi-net および AQUA による発震機構解をあわせて示す。

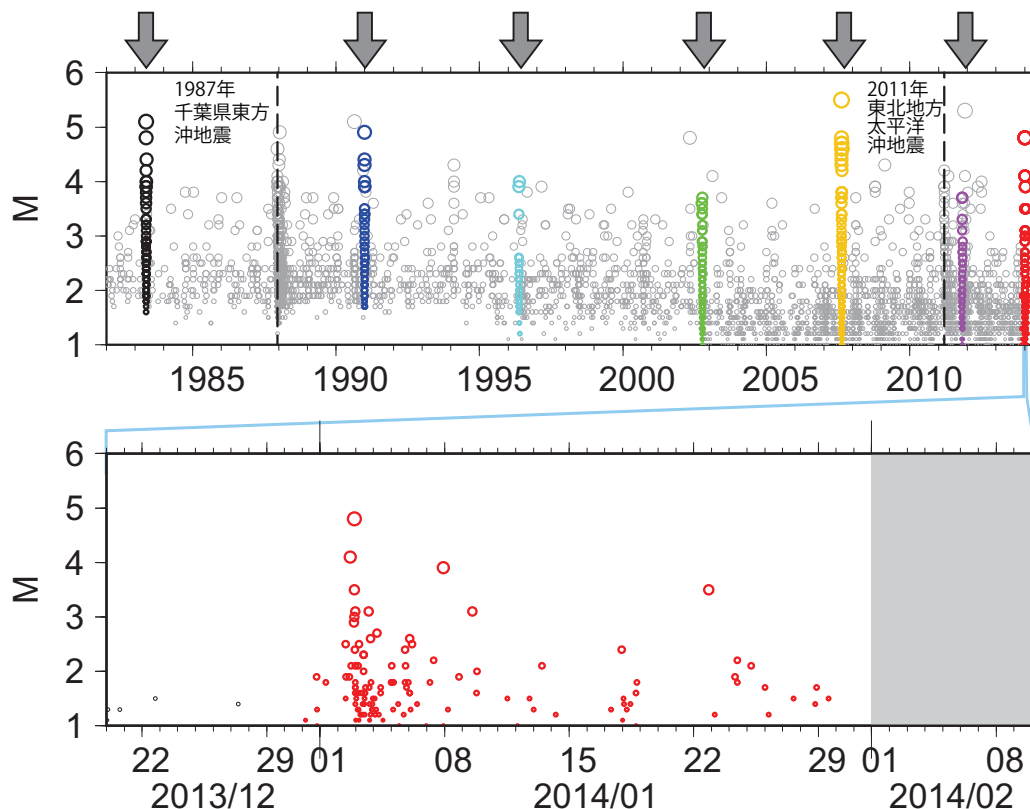


図2 房総半島沖の M-T 図。図1の矩形領域を対象として、長期 (上段) および今回の活動 (下段) について示す。房総スロースリップイベントを灰色矢印で、房総スロースリップイベントに同期した地震活動を色付きシンボルで表す。赤丸が今回の活動を表す。

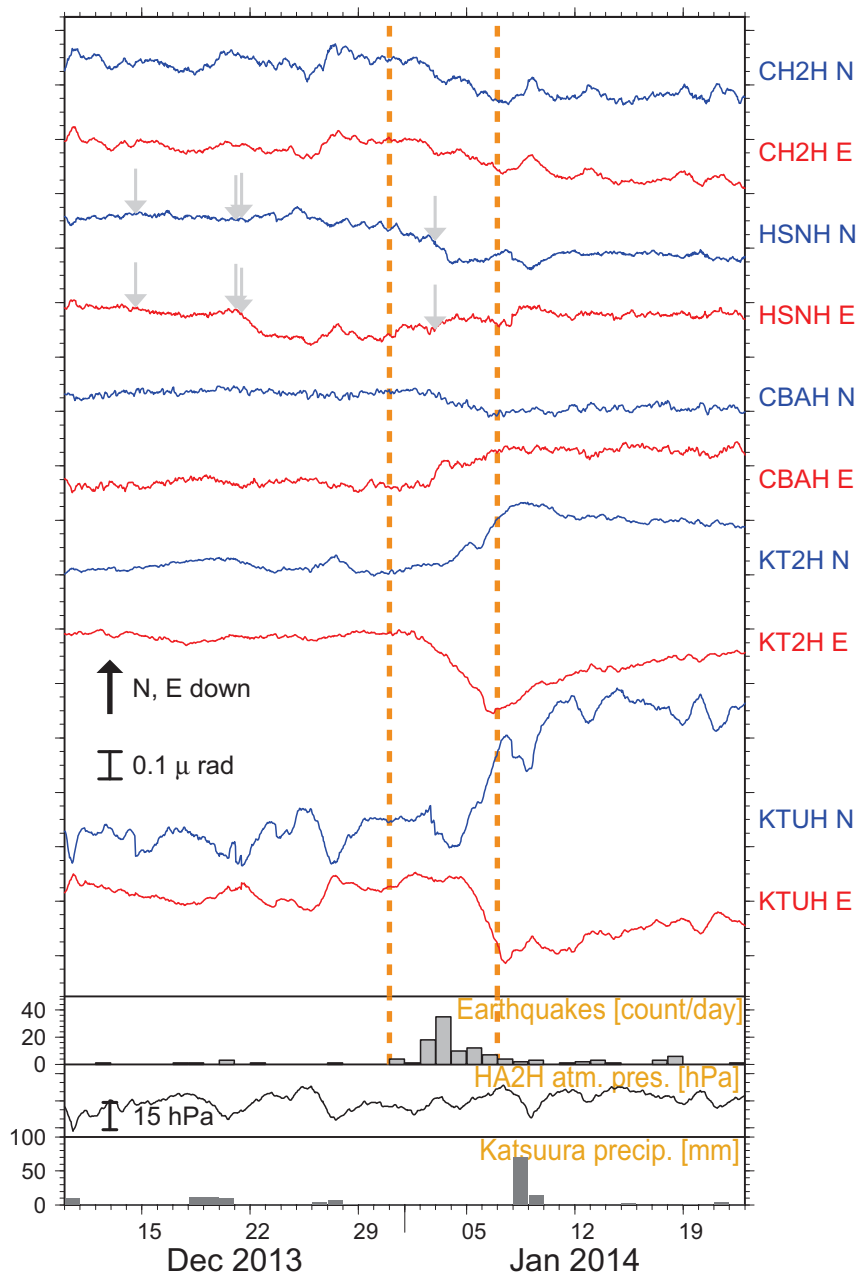


図 5 房総半島の観測点での傾斜時系列．観測点位置は図 6 に示した．上方向への変化が北・東下りの傾斜変動を表す．BAYTAP-G による潮汐・気圧成分補正，リニアトレンド除去後の記録を示した．Hi-net 波崎 2 観測点 (HA2H) の気圧観測値を使用した．灰矢印で示した時刻のステップを補正した．この期間の房総半島沖 (図 1 矩形領域) の日別地震数，HA2H の気圧，勝浦での雨量をあわせて表示した．

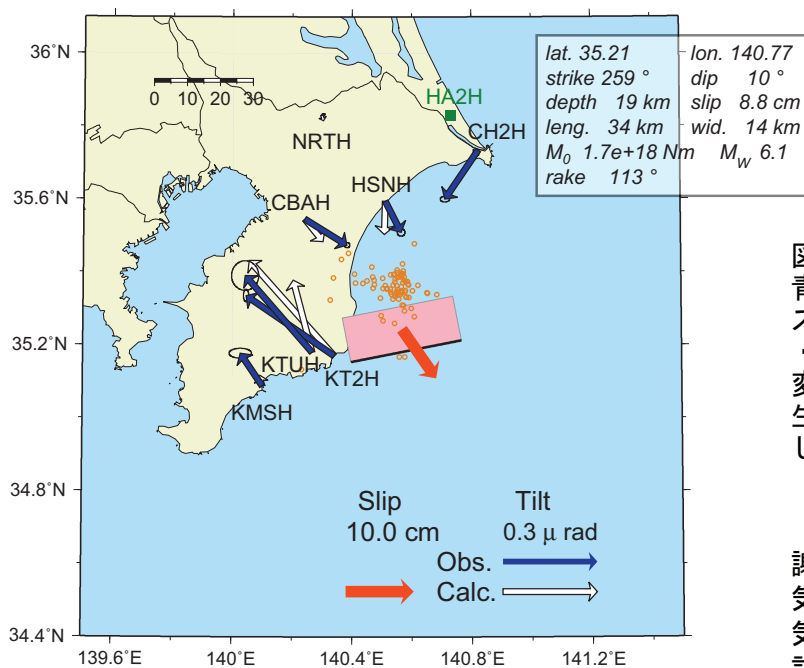


図 6 観測された傾斜変化ベクトル (青矢印) ・このデータから推定されたスロースリップの断層モデル (赤矩形・矢印) ・モデルから計算される傾斜変化ベクトル (白抜き矢印)．期間中発生した地震の震央分布を橙色の円で示した．

謝辞

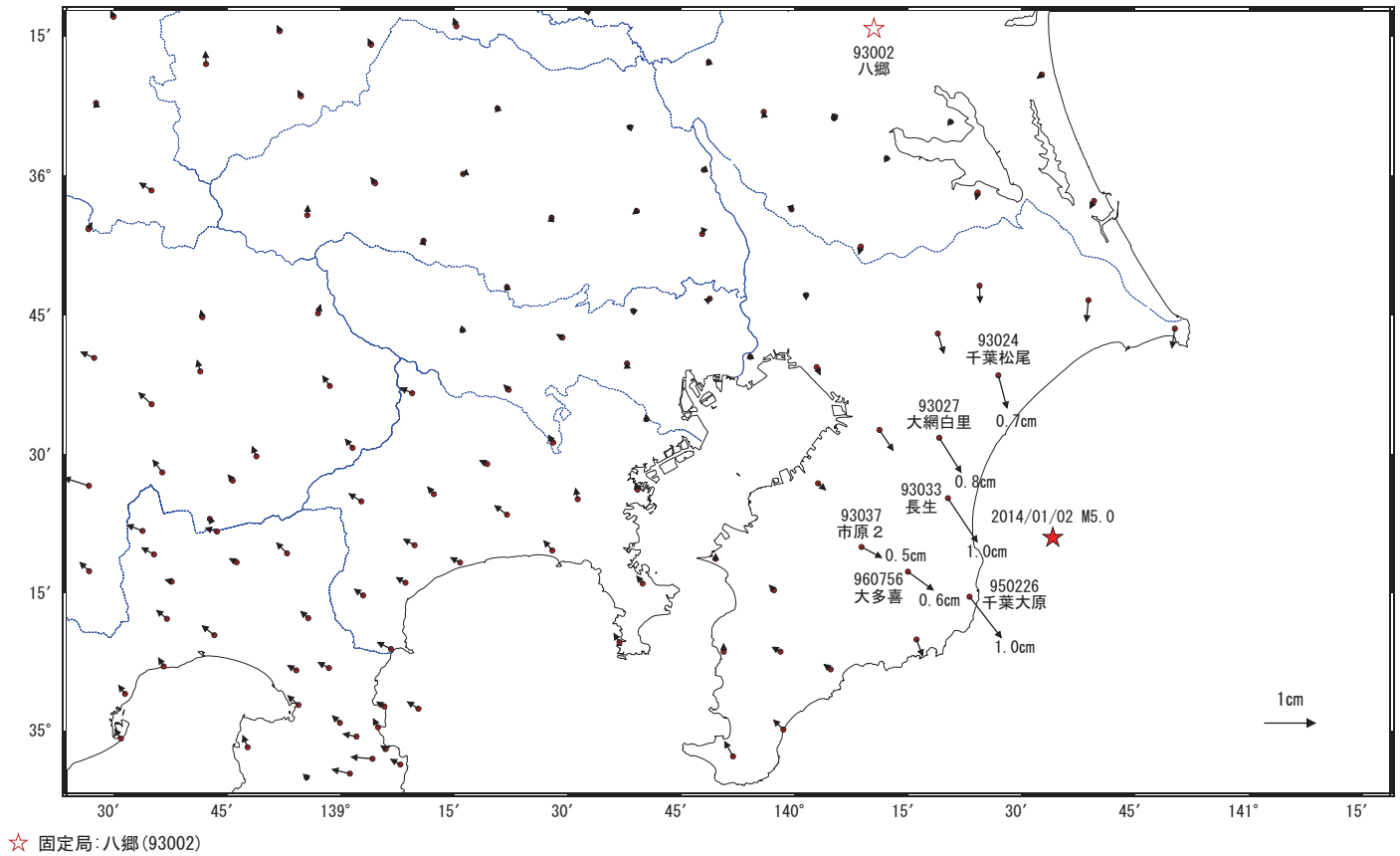
気象庁の WEB ページで公開されている気象データを使用させて頂きました．記して感謝いたします．

房総半島での非定常的な地殻変動（１）

房総半島で非定常地殻変動が観測された。地殻変動は1月2日頃から始まり、10日頃に終息した。

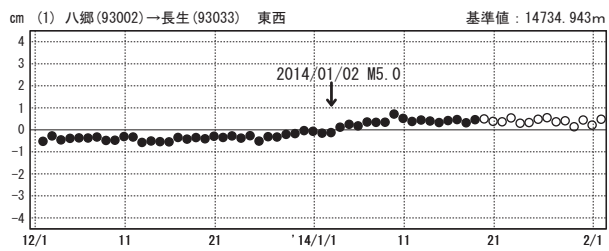
地殻変動（水平）

基準期間：2013/12/26～2014/01/01 [F3:最終解]
比較期間：2014/01/11～2014/01/17 [F3:最終解]

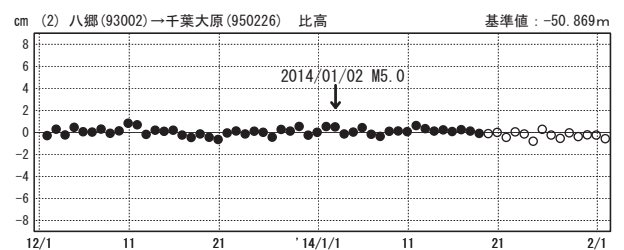
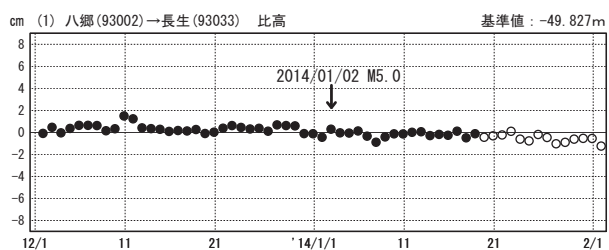
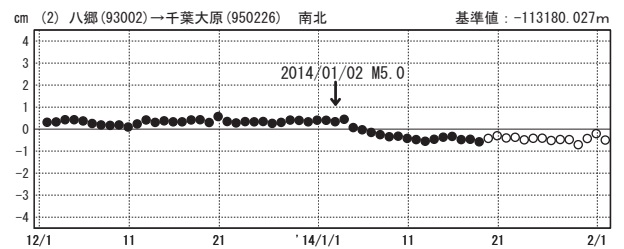
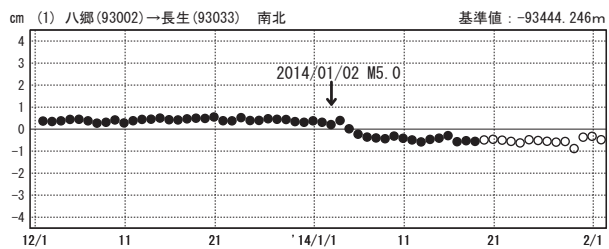
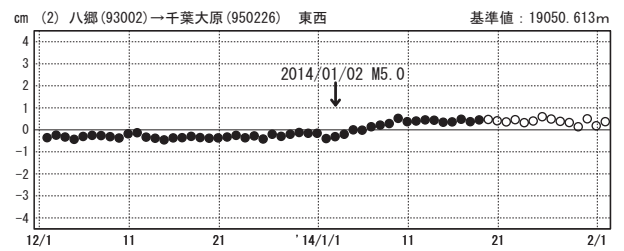


成分変化グラフ

期間：2013/12/01～2014/02/01 JST



期間：2013/12/01～2014/02/01 JST

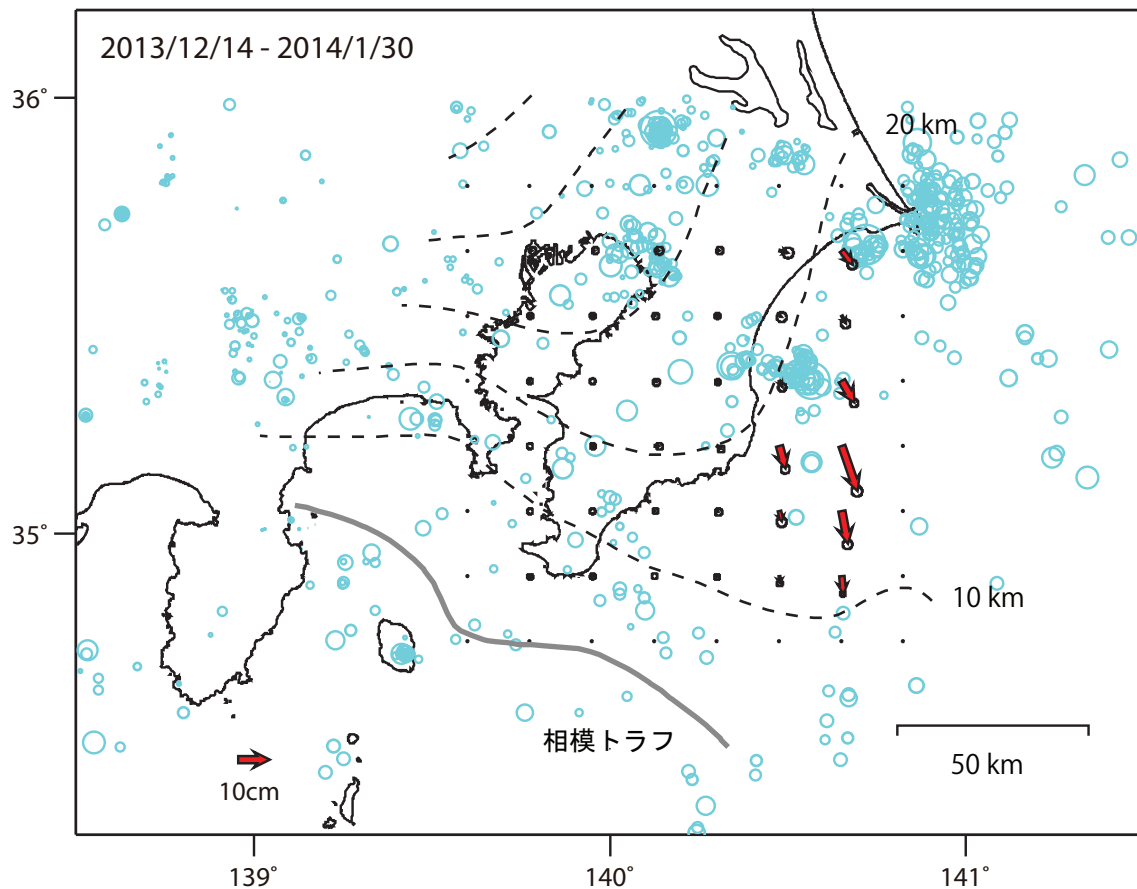


●— [F3:最終解] ○— [R3:速報解]

房総半島沖ゆっくり滑りによるプレート境界面上の滑り分布 (1)

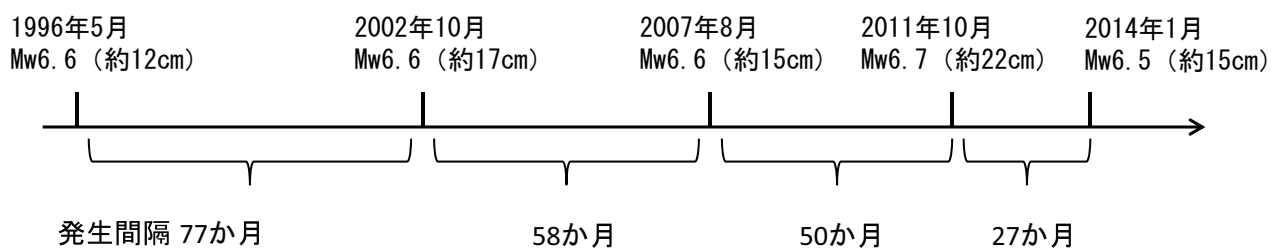
房総半島沖合のフィリピン海プレートと陸側プレートの境界で最大約15cmの滑りが推定された。

期間 : 2013/12/14 -- 2014/1/30



- ・ 赤矢印は陸側のプレートのフィリピン海プレートに対する動きを示す。
- ・ 推定マグニチュードはMw6.5 (剛性率33GPa)。
- ・ 黒点線はフィリピン海プレート上面の等深線を示す。
- ・ 青丸は50km以浅、M>2の気象庁一元化震源。

房総半島沖におけるプレート境界のゆっくり滑り(スロースリップ)現象の発生履歴(1996年以降)

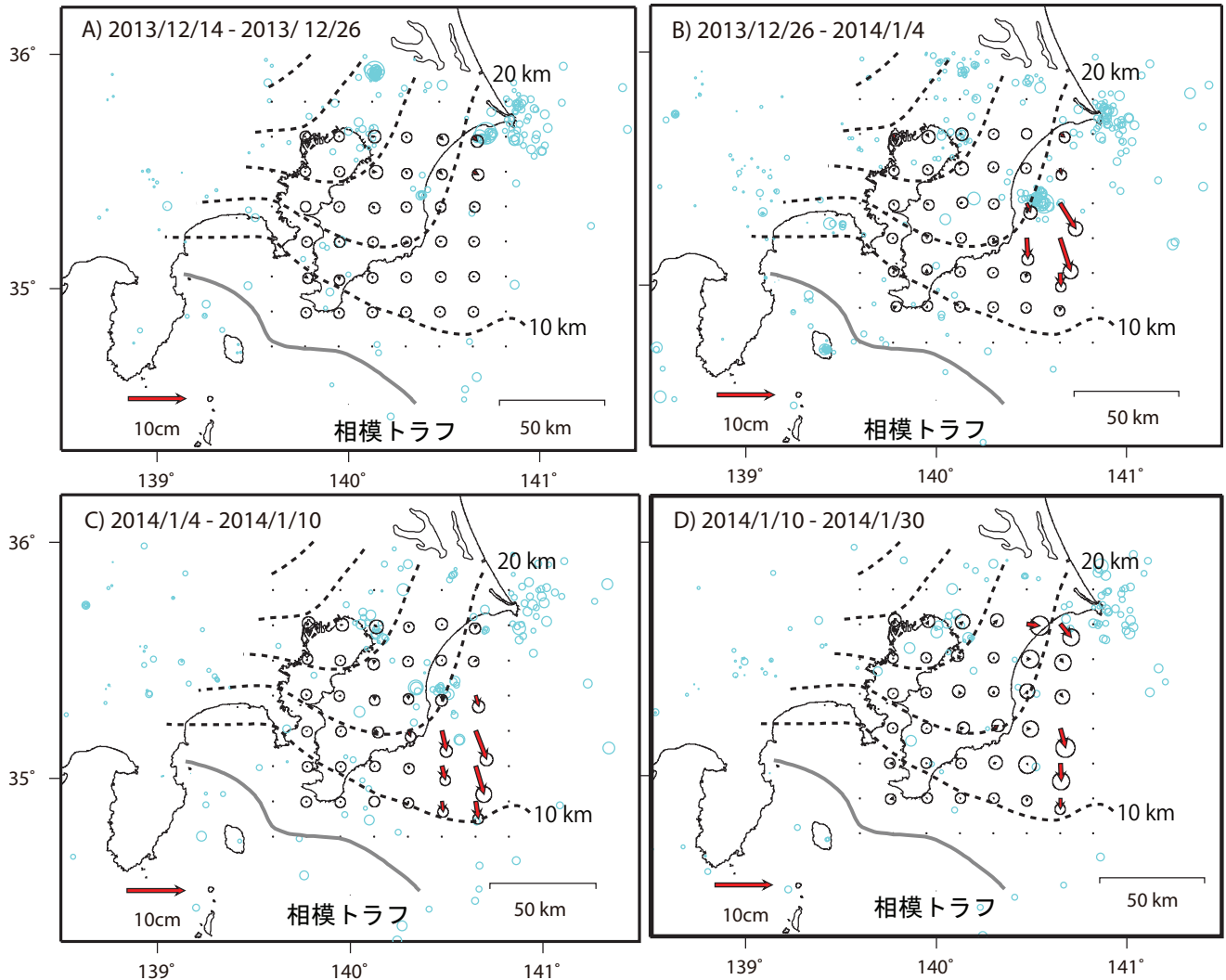


※ () は最大滑り量

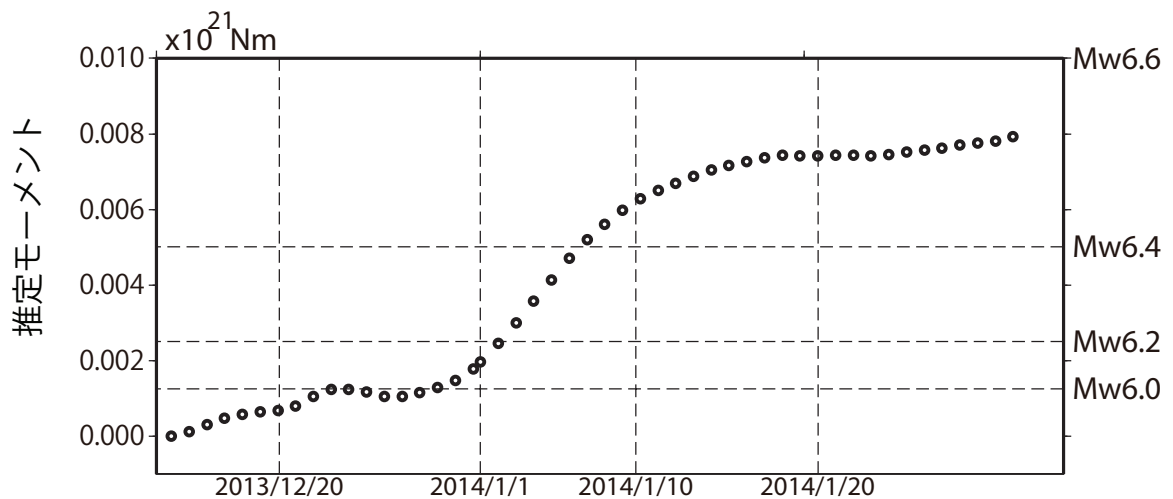
房総半島沖ゆっくり滑りによるプレート境界面上の滑り分布 (3)

滑りの時間変化

滑り域が時間と共に南に拡大している。



- ・ 赤矢印はGNSS データを基に推定されたプレート境界面上の滑り分布
- ・ 点線はフィリピン海プレート上面の等深度線 (石田, 1992)
- ・ 青丸は 50 km 以浅, M2 以上の震央位置 (気象庁一元化震源による), ゆっくり滑りの発生した期間のものを表示



西南日本の深部低周波微動・短期的スロースリップ活動状況 (2013 年 11 月～2014 年 1 月) その 1

- 短期的スロースリップイベントを伴う顕著な微動活動：愛知県西部～紀伊半島北部，1 月 22 日～28 日．紀伊半島中部，1 月 9 日～13 日．四国中部～東部，11 月 29 日～12 月 4 日．
- 上記以外の主な微動活動：四国中部～西部，11 月 13 日～20 日．

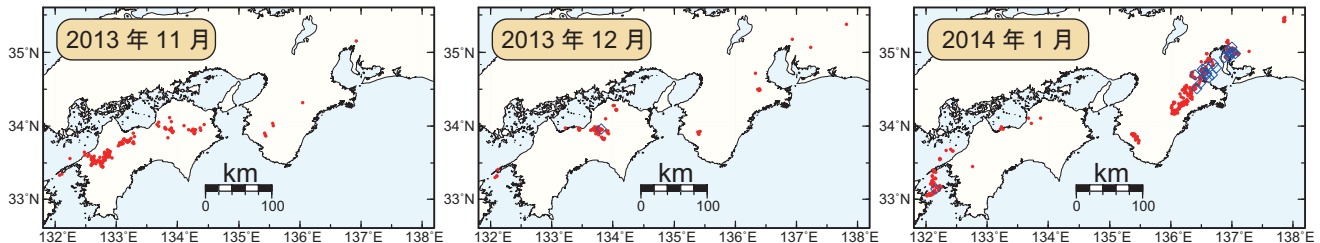


図 1. 西南日本における 2013 年 11 月～2014 年 1 月の月毎の深部低周波微動活動．赤丸はエンベロープ相関・振幅ハイブリッド法 (Maeda and Obara, 2009) およびクラスタ処理 (Obara et al., 2010) において，1 時間毎に自動処理された微動分布の重心である．青菱形は周期 20 秒に卓越する深部超低周波地震 (Ito et al., 2007) である．

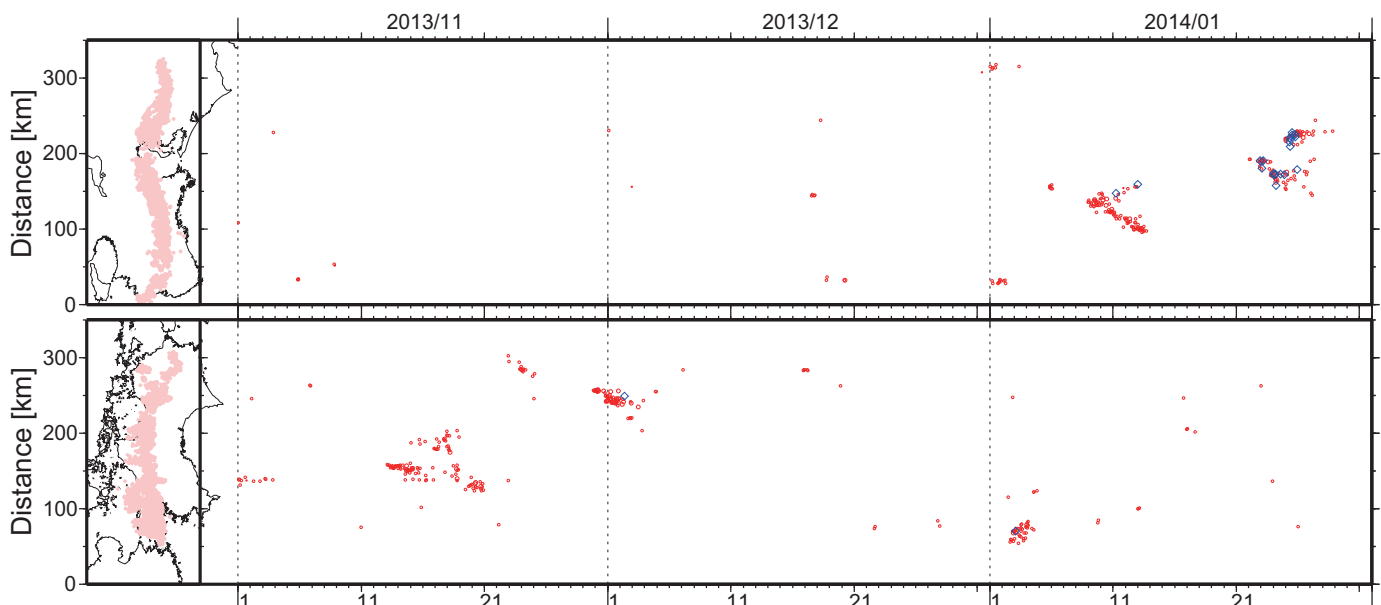


図 2. 2013 年 11 月～2014 年 1 月の深部低周波微動 (赤) および，深部超低周波地震 (青菱形) の時空間分布．

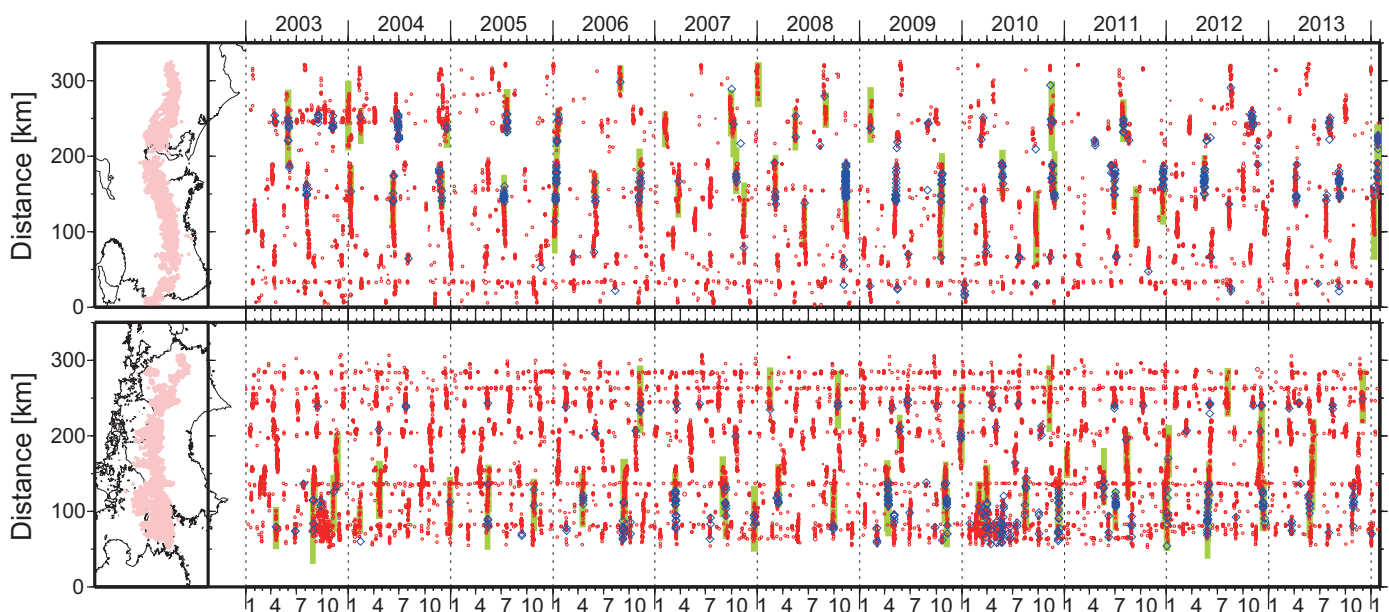


図 3. 2003 年 1 月～2014 年 1 月までの深部低周波微動 (赤) および，深部超低周波地震 (青菱形) の時空間分布．緑太線は，傾斜変動から検出された短期的スロースリップイベント．

重点検討課題の検討

「地震・津波即時予測と
リアルタイムモニタリング」

リアルタイムモニタリングシステム小史

～1970年代 萌芽的アイデア の時代
1980 ～1989 第1次開発競争の 時代
1990 ～1999 第1次運用の時代
2000 ～2007 第2次開発競争の 時代
2008 ～2013 第2次運用の時代
2014～ 第3次開発競争の 時代？

Cooper(1868)、Milne(1880)～伯野・高橋(1972)まで

「観測→処理→遠隔地に予報」というアイデアは当初から存在。アナログ的にもやればできたが、**システム化は津波が先行**。揺れの予測は技術が追いつかず、但し、日本以外では喫緊の課題にならず、日本では研究開発の主流にならなかった。

微小地震観測とユレダス。スタンドアロン型処理システム、アナログからデジタルへ

微小地震の自動処理では各大学のセンターが、津波予報と有感地震では気象庁が、新幹線の減速では国鉄が、それぞれ目的に応じたスタンドアロン型システムの開発を競った。後半ユレダスやSAS、EPOS、WIN等**実用的なシステムも出現**。

データの全国的な流通と地震処理「システム」のネットワーク化

ワークステーションの登場とネットワーク化、WINによるフォーマット統一により**データの全国的な流通**がなされた。自動処理は6割程度？の完成度ながらシステムは日常的に動作するものとなり、開発するものではなく使うものという時代が到来。

リアルタイム地震情報の開発競争の時代と完全自動処理システム化

自動処理の「結果」を迅速に提供するのではなく、**明示的に「揺れの予測」を目指した完全自動処理システムが全国の規模**で開発され始めた。既に技術的な蓄積があったため、開発から実用化までは比較的早く進展した。

ゼロからの開発ではなく予測精度向上が仕事となる時代

個人でできる規模の開発が終焉する一方、予測情報がテレビや携帯から受信できるのは当たり前で、誤報や故障がニュースとなる時代が来た。迅速化は限界に達し(**現象の進行を追い越し**)、「精度向上」の意味合いは「信頼性」と同義となった。

揺れだけでなく地象の予測がシステム化する時代へ

以前は困難だった再現実験が比較的容易になり、事象の検証に基づく改修が可能となった。揺れ、津波の予測システムばかりではなく、マグマだまりの膨張やプレートの変位、深層崩壊等の地象の監視と予測という新たなテーマが出現。

波動場の把握に基づく地震動の予測

—地震動即時予測の次世代への考察—

緊急地震速報は、東北地方太平洋沖地震では、想定通りの速さで警報を発したものの、広い震源域への対応が不十分なため関東地方には警報を発することができなかった。また、活発な余震活動により、震源を適切に分離できず過大な警報を発することが続いた。さらに、昨年 8 月には、海底地震計の不具合により過大な震度を予想した。これらの課題を根本的に解決する新しい手法を紹介する。

現在の緊急地震速報では、震源位置とマグニチュード（M）を即時に推定し、それを用いて、各地の揺れの強さを予測している。一方、新しい方法では、震源位置や M を求めることなく、地震の揺れが伝わってくる様子をリアルタイムで把握することにより、未来の揺れの分布を予測する。つまり、揺れの実況分布を正確に把握し、波動伝播をシミュレートすることで未来を予測するものである。

揺れの実況分布の把握には、天気予報で使われているデータ同化の技術に応用する（図 1）。つまり、波動伝播のシミュレーションに震度の実測値を取り入れて揺れの詳細な実況分布を推定する。そして、未来は、その揺れの分布から波動伝播のシミュレーションのみにより 10 秒後や 20 秒後などの状況を計算することで予測する。

図 2 には、この方法を東北地方太平洋沖地震に適用した例を示す。例えば、東京の大手町では、130 秒の時点（図 2 上）で、およそ 10 秒後に強い揺れが到達すると予測し、実際に、140 秒の時点（図 2 下）から強い揺れが始まっている。

謝辞：解析には防災科研 K-KET, KiK-net, 気象庁観測網の波形データを使用した。

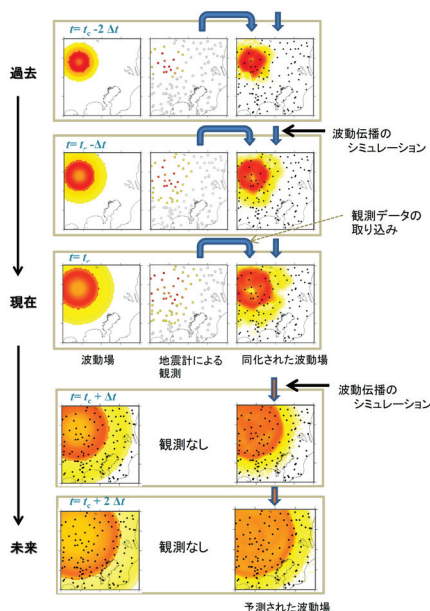


図 1. 手法のイメージ。データ同化手法を用いた揺れの現状把握から将来を予測する。

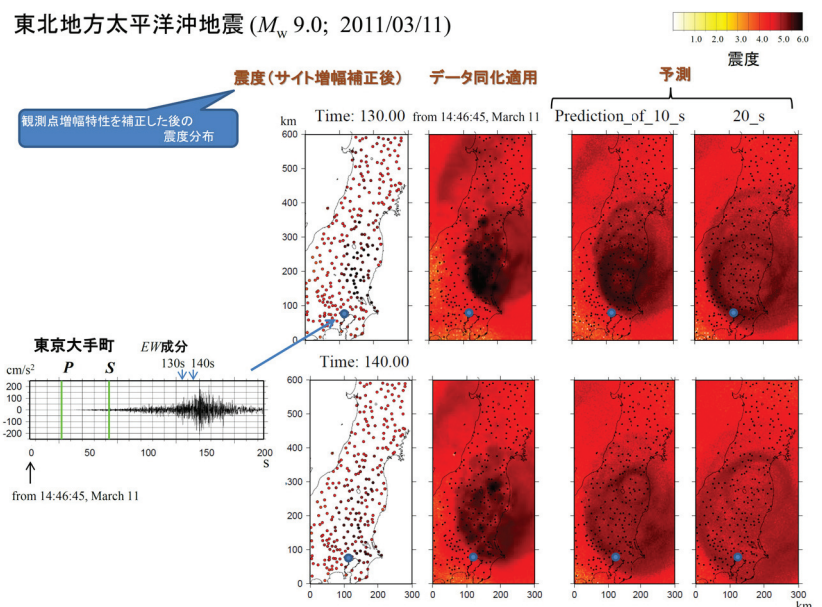


図 2. 東北地方太平洋沖地震での揺れの予測の例。左から、（地盤増幅特性補正後の）震度分布、データ同化を用いた詳細な揺れの実況分布、10 秒後の予測、20 秒後の予測。

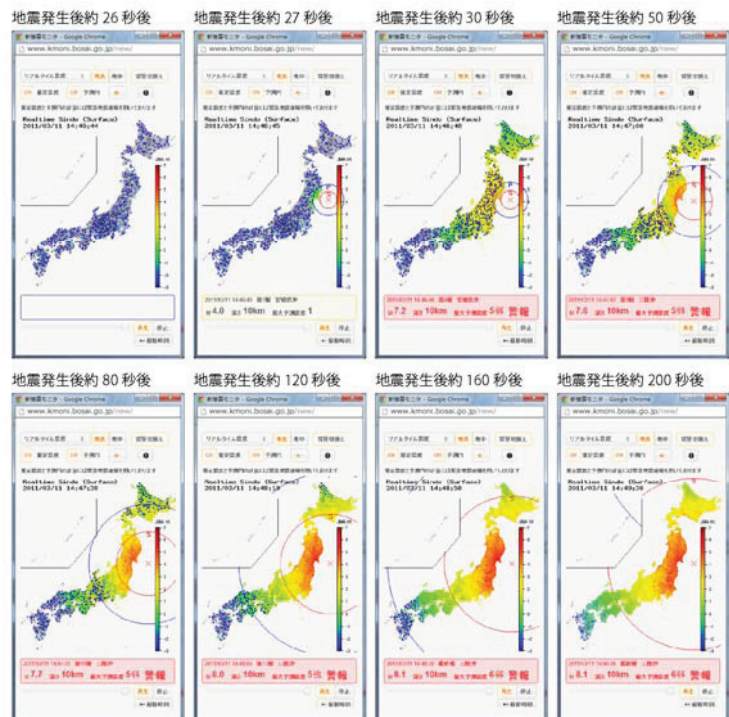
強震モニタリングシステム

ー防災科学技術研究所の例ー

青井真（防災科学技術研究所）

◎強震モニタ：http://www.kyoshin.bosai.go.jp/kyoshin

観測点から1秒毎にパケットで伝送されてくるリアルタイム震度などの強震動指標を、観測点毎に小さなシンボルで画像化した地図を1秒ないし2秒に一枚配信することで、動画のように日本列島の地震動を見せるシステム。地震が起こり気象庁の緊急地震速報が発報されたときには、その諸元（震源位置およびマグニチュード）から推定される震度分布、震源の位置（×印）、P波（青）およびS波（赤）の推定走時を表す2つの同心円が重ねて表示される（右図：東北地方太平洋沖地震の際の強震モニタの様子。観測データをもとに後日再現したもの）。



◎J-RISQ 地震速報：http://www.j-risq.bosai.go.jp

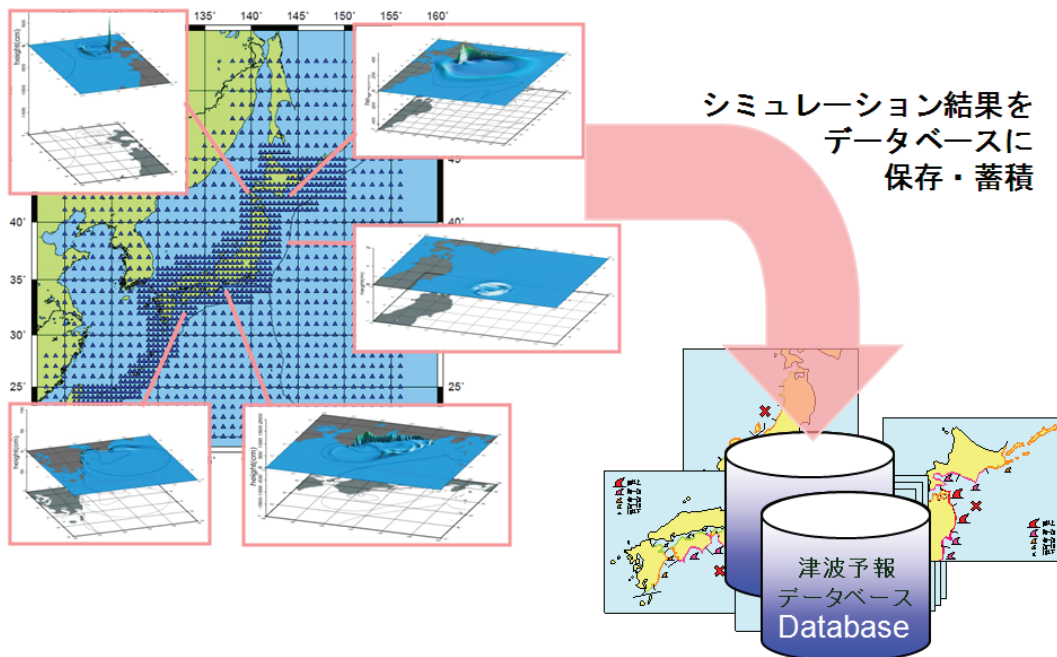
震度遭遇（暴露）人口やその地域のハザード情報を地震発生直後に PDF 形式で A4 一葉にコンパクトにまとめて提供するサービス。地震ハザードステーション（J-SHIS）開発の際に構築された表層地盤増幅特性データや人口に関する情報などを、K-NET・KiK-net、自治体や気象庁の震度情報ネットワークの 6000 点以上の観測点からリアルタイムに得られる震度データ等の観測データを組み合わせることで、震度遭遇人口を推定している（下図：2011 年 4 月 7 日に発生した宮城県沖の地震の「J-RISQ 地震速報」）。



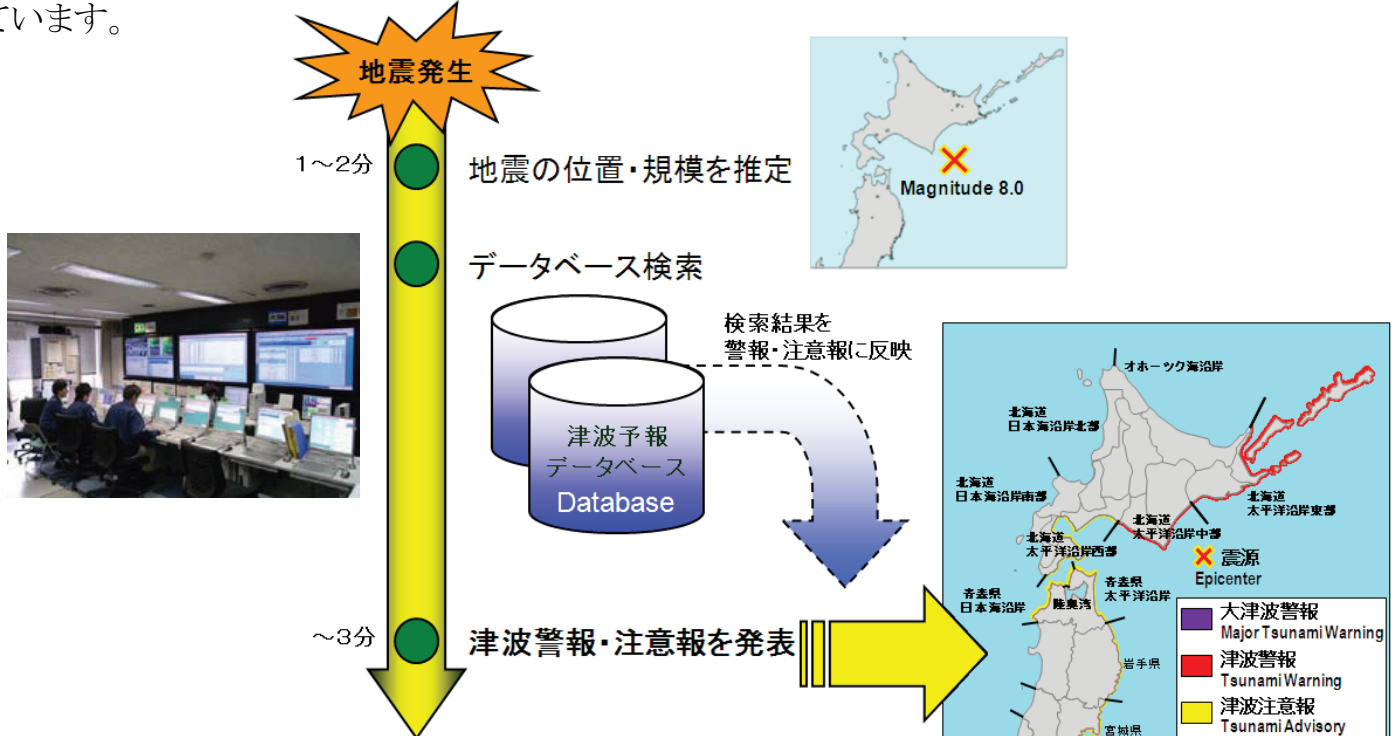
津波予測の技術 ～津波予報データベースによる津波警報～

津波からの避難のために、津波警報はできるだけ迅速に発表する必要があります。地震が発生してからコンピュータで津波の数値シミュレーションを行うのでは、津波警報の発表に時間がかかるため、あらかじめ、津波を発生させる可能性のある断層を設定して津波の数値シミュレーションを行い、その結果を津波予報データベースとして蓄積しておきます。

津波の数値シミュレーションを多数実施



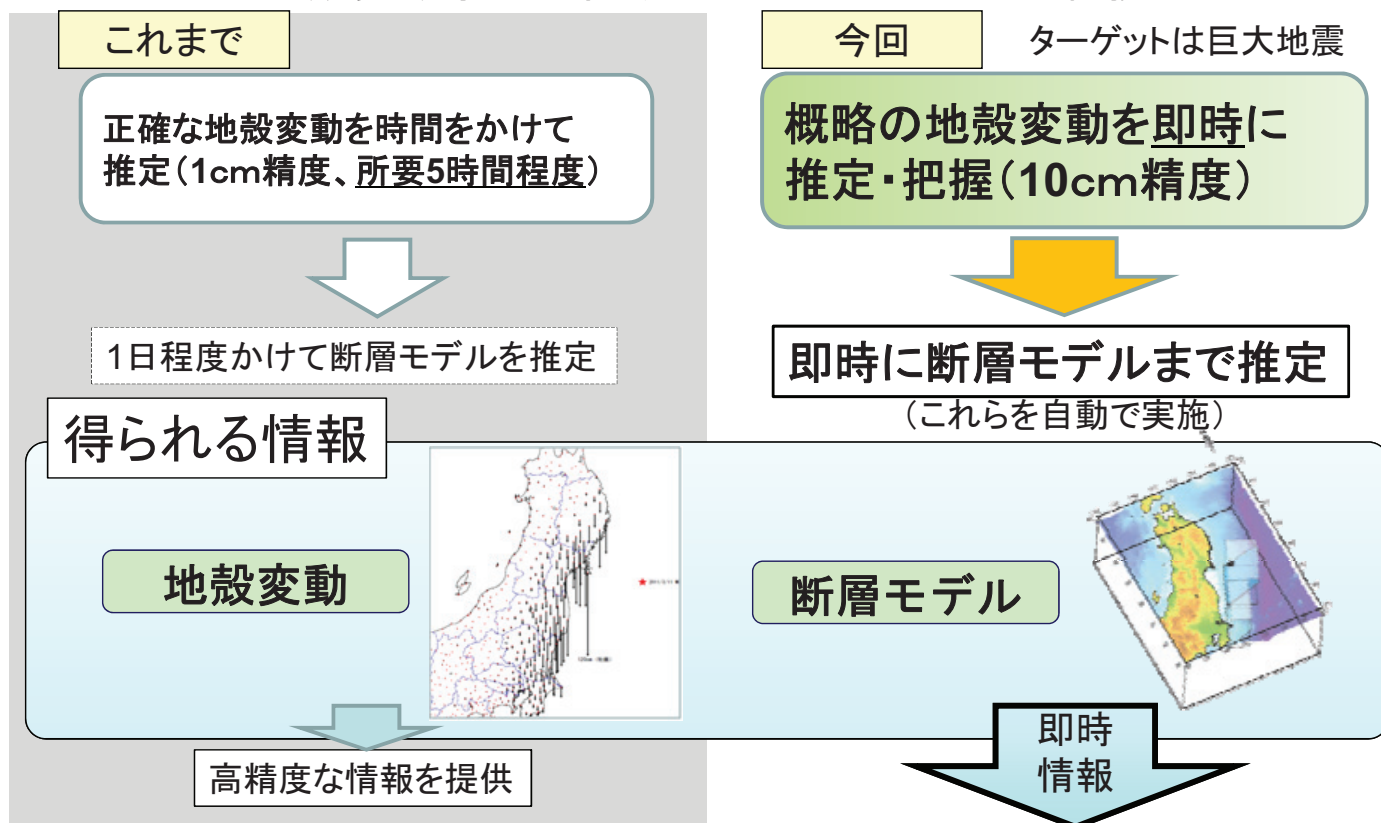
実際に地震が発生した時は、このデータベースから、発生した地震の位置や規模などに対応する予測結果を即座に検索することで、沿岸に対する津波警報・注意報の迅速な発表(地震後概ね3分程度)を実現しています。



一方、津波警報第一報発表までの時間内に正確な地震の規模を決めることが困難な巨大地震に対しては、津波の予測の過小評価を避けるため、警報発表段階で得られている情報から巨大地震かどうかの判定を行い、巨大地震の場合には、最大規模の地震を想定し、それにもとづき津波の高さを「巨大」などの表現であらわして警報を発表することで対処を行いました。

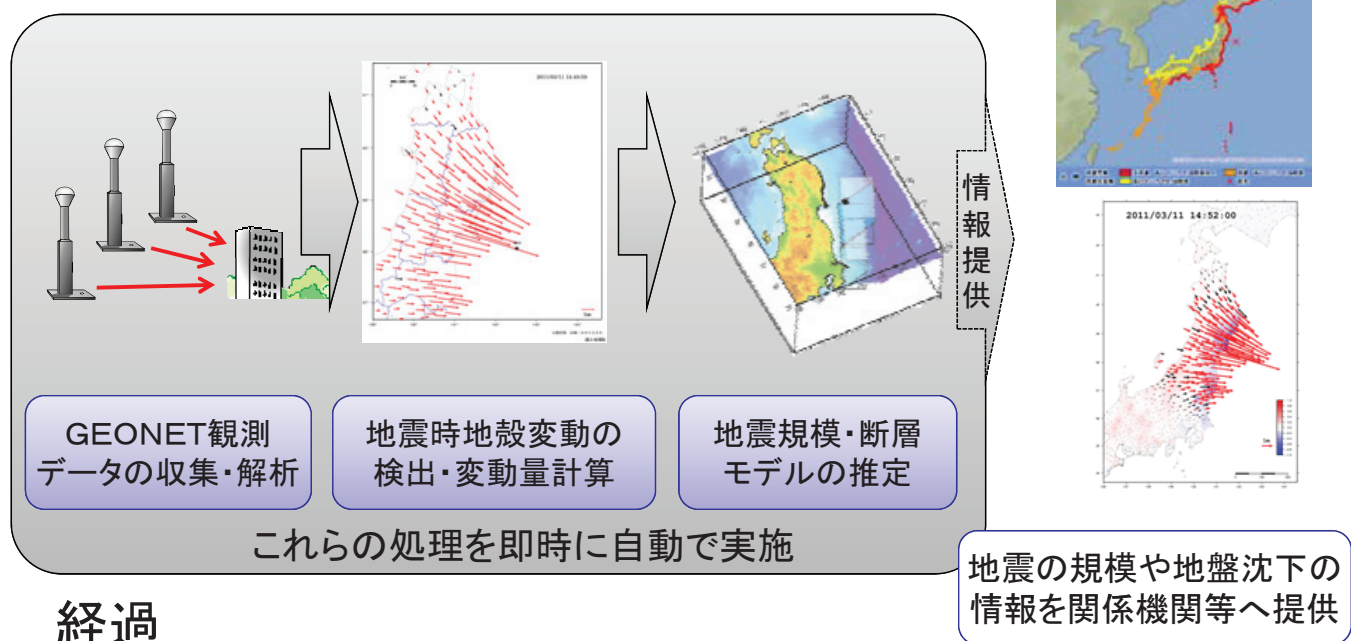
また、近年整備が進んでいる沖合の津波観測網のデータを活用し、沿岸に到着する前の津波の観測値を活用して、津波の予測精度を向上させる技術開発も進めています。

地殻変動解析に関するこれまでの発想を転換



防災関係機関等に提供することで津波予測など災害軽減への活用も期待される

即時推定システムの概要



経過

平成23年度:システムの開発に着手

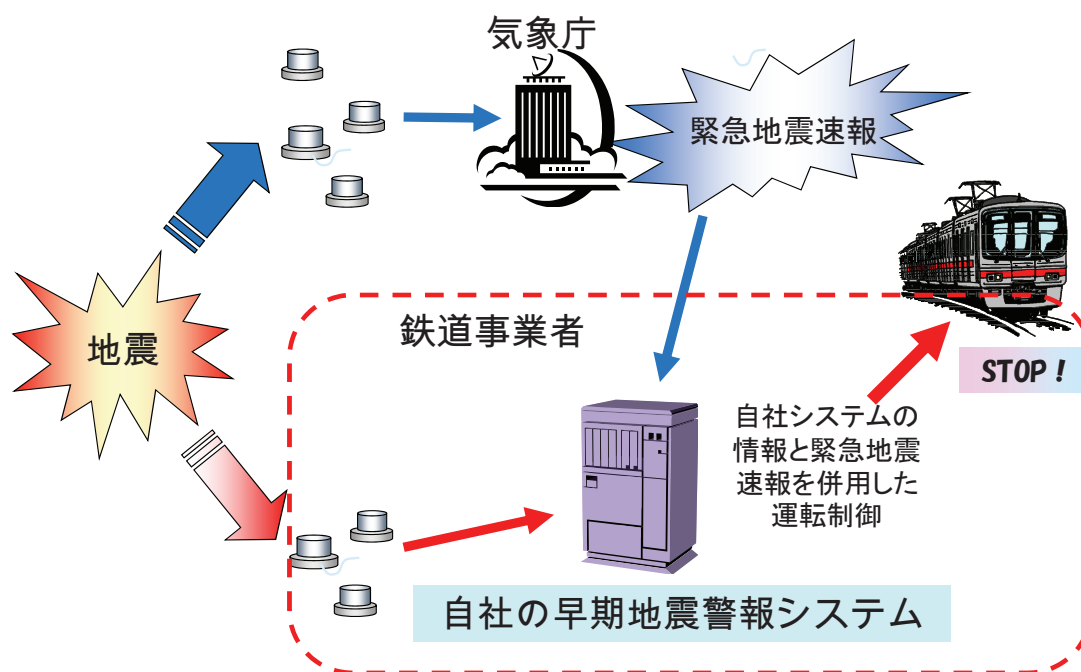
平成25年度:実用化に向けた基本システムを構築中

なお、開発中のシステムについては、
REGARD (Real-time GEONET Analysis system for Rapid Deformation Monitoring)
と命名

地震動・津波予測の利活用

山本俊六（鉄道総合技術研究所）

- 鉄道分野では地震時の安全のため、地震動や津波の予測情報を積極的に活用しています。
- 新幹線等にも利用される早期地震警報システムは、複数の警報手法、単独観測点処理とネットワーク型処理、多重化されたハードウェアなどを用いて即時性と信頼性を高めたものです。
- さらに高い安全のため、上記のシステムによる情報と緊急地震速報など他の情報を組み合わせた活用も行われつつあります。



各種の情報を活用した鉄道の地震防災のイメージ

平成26年2月17日
地震予知連絡会事務局

平成26年度地震予知連絡会の開催について

1. 平成26年度地震予知連絡会の開催日

平成26年度地震予知連絡会の開催を下記のとおり予定しています。

回	年 月 日
第203回	平成26年 5月19日 (月)
第204回	平成26年 8月22日 (金)
第205回	平成26年11月28日 (金)
第206回	平成27年 2月16日 (月)

2. 地震予知連絡会議事の流れ

- (1) 事務的議事
- (2) 地殻活動モニタリングに関する検討
 - 1) 地殻活動の概況
 - 2) 東北地方太平洋沖地震関連
 - 3) プレート境界の固着状態とその変化
 - 4) その他の地殻活動等
- (3) 重点検討課題の検討 (別紙参照)
 - 1) 重点検討課題の検討
 - 2) 次回の趣旨説明
- (4) その他の議事

今後の地震予知連絡会で検討を行う重点検討課題名

1. 第203回地震予知連絡会
課題名：日本列島の長期広域変動について（仮）
趣旨説明者：松澤副会長
2. 第204回地震予知連絡会
課題名：地震発生予測の評価について（仮）
趣旨説明者：遠田委員
3. 第205回地震予知連絡会
課題名：物理モデルに基づいた地震発生予測研究 その2（仮）
趣旨説明者：平原会長
4. 第206回地震予知連絡会
課題名：兵庫県南部地震から20年の内陸地震の研究（仮）
趣旨説明者：宍倉委員

第 203 回地震予知連絡会 重点検討課題

「日本列島の長期広域変動について（仮）」

趣旨説明者 東北大学 松澤 暢

M9.0 という東北地方太平洋沖地震の発生を予見できなかった一番大きな原因は、数百年以上の再来間隔を持つような地震を、地球物理学的な 100 年程度のデータから予見することが困難であったことにある。我々はまず、地質学・地形学から明らかになっている長期的な地殻変動について整理し、それと最近の地球物理学的観測結果との整合性を、シミュレーション等も考慮して検討する必要がある。もし、そこに矛盾があれば、我々が見逃しているイベントが将来起こる可能性があることを意味している。

重点検討課題では、このような観点に基づき、「プレート境界に関するわれわれのイメージは正しいか？」と銘打って、第 192 回、第 194 回、第 195 回に検討を行った。また、第 196 回には「内陸で発生する地震について」というタイトルで主として近畿地方の内陸地震の検討も行った。

一方、東北地方の内陸に注目すると、この地域は基本的に東西の圧縮場であり、それは太平洋プレートが押し寄せてきていることに起因していると考えられている。しかし、世界の沈み込み帯では必ずしもプレートの沈み込み方向と圧縮場が一致しているわけではない。たとえば南海トラフからフィリピン海プレートが北向きに沈み込んではいるが、内陸の応力場は東西圧縮となっている。また、東北地方の内陸の応力場も、東西圧縮が卓越したのは **3Ma** 程度前からに過ぎず、さらに現在の差応力も、これまで考えられていたよりも小さいことが、東北地方太平洋沖地震の後の詳細な解析から指摘されている。

内陸で何故どのようにして地震が発生するのかを理解するためには内陸の応力と歪の起源を理解せねばならないが、上述の通り、その理解のためには、地学的観察結果と地球物理学的観測結果、およびシミュレーションによって得られる知見とを組み合わせることで総合的に検討を行う必要がある。

以上のような考えに基づき、長期広域変動の観点から、東北地方を中心とした内陸の地震発生過程について理解を深めることを目的として、第 203 回の地震予知連絡会における重点検討課題では、以下のような点について最新の知見を専門家に整理して紹介していただき、議論を行う。

- 1) 日本列島とその周辺のプレート運動
- 2) 日本列島の生い立ちと長期地殻応力・歪の起源
- 3) 日本列島の温度構造と地殻流体の分布
- 4) 日本列島内陸の現在の応力・歪と強度